



TUGAS AKHIR – RE 141581

**PERANCANGAN IPAL MEDIS DENGAN
TEKNOLOGI *ANAEROBIC FILTER* DAN
ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR DI
RUMAH SAKIT KELAS B SURABAYA**

RAKA TAUFIK ROCHMAN
3313100049

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR - RE 141581

**PERANCANGAN IPAL MEDIS DENGAN
TEKNOLOGI *ANAEROBIC FILTER* DAN
ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR DI
RUMAH SAKIT KELAS B SURABAYA**

RAKA TAUFIK ROCHMAN
3313100049

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT - RE 141581

**DESIGN OF MEDICAL WASTEWATER
TREATMENT PLANT USING AN ANAEROBIC
FILTER AND A ROTATING BIOLOGICAL
CONTRACTOR IN THE GRADE B HOSPITAL
SURABAYA**

RAKA TAUFIK ROCHMAN
3313100049

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN IPAL MEDIS DENGAN TEKNOLOGI ANAEROBIC FILTER DAN ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR DI RUMAH SAKIT KELAS B SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

RAKA TAUFIK ROCHMAN

NRP. 3313100049

Dijetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, MSc.

NIP. 19550128 198503 2 001



PERANCANGAN IPAL MEDIS DENGAN TEKNOLOGI ANAEROBIC FILTER DAN ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR DI RUMAH SAKIT KELAS B SURABAYA

Nama Mahasiswa : Raka Taufik Rochman
NRP : 3313100049
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.
Sc.

ABSTRAK

Limbah cair rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemar bagi lingkungan yang dapat memberi dampak negatif berupa gangguan terhadap kesehatan, kehidupan biotik sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Dalam kegiatan di rumah sakit kelas B menghasilkan limbah cair yang digolongkan sebagai limbah medis dan limbah non-medis atau domestik. Limbah cair medis berasal dari ruang operasi, laboratorium, dan radiologi gedung rumah sakit. Pada pengolahan air limbah di salah satu rumah sakit B belum dilakukan pemisahan antara pengolahan air limbah medis dan non medis. Limbah medis yang dihasilkan memiliki kandungan zat pencemar. Oleh karena itu diperlukan adanya unit pengolahan yang dapat mengolah air limbah medis yang dihasilkan oleh rumah sakit. Tujuan perencanaan kali ini adalah memperoleh desain rinci IPAL medis dengan proses *Anaerobic Filter* dan *Rotating Biological Contactor* di Rumah Sakit Kelas B, mendapatkan nilai *Bill Of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pembangunan dan operasional masing masing IPAL, dan membandingkan perbandingan dua alternatif dari segi volume, efisiensi pengolahan, serta biaya konstruksi.

Tahap perencanaan dimulai dengan mengumpulkan data primer yang berupa kualitas efluen, dan data sekunder yang berupa debit limbah medis, dan baku mutu air limbah untuk rumah sakit, serta data lain yang menunjang untuk kemudian diolah. Selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi unit IPAL, dibuatnya *Detail Engineering Design* (DED) serta *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari masing masing

unit. Selanjutnya dilakukan perbandingan dari segi efisiensi removal, dimensi, luas lahan yang dibutuhkan dan RAB serta kekurangan dan kelebihan untuk masing masing unit alternatif.

Perencanaan ini dilakukan dengan 2 unit yang berbeda, yaitu *Anaerobic Filter* dan *Rotating Biological Contactor*. Hasil perencanaan sebagai berikut: unit *anaerobic filter* (AF) memiliki kelebihan adanya potensi biogas yang besar dan volume bangunan efektif yang dibutuhkan lebih kecil. AF memiliki kekurangan yaitu jumlah lumpur yang dihasilkan lebih banyak. Sedangkan pada unit *rotating biological contactor* (RBC) memiliki kelebihan yakni produksi lumpur relatif lebih kecil. RBC memiliki kekurangan yaitu tidak adanya potensi biogas dan volume bangunan efektif yang dibutuhkan lebih besar. Untuk kemampuan mendegradasi kandungan polutan, AF memiliki efisiensi removal sebesar 73% BOD, 66% COD, dan 69% TSS. Untuk RBC memiliki efisiensi removal sebesar 76% BOD, 74% COD dan 63% TSS. Biaya pembangunan alternatif 1 sebesar Rp. 249.646.978,00 biaya operasi sebesar Rp 8.623.497,00. Biaya pembangunan alternatif 2 sebesar Rp. 352.127.961,00 biaya operasi sebesar Rp Rp 10.789.202,00.

Kata kunci: *Anaerobic filter*, IPAL, Limbah cair medis, Perencanaan, *Rotating Biological Contactor*, Rumah sakit

DESIGN OF MEDICAL WASTEWATER TREATMENT PLANT USING AN ANAEROBIC FILTER AND A ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR IN THE GRADE B HOSPITAL SURABAYA

Student : Raka Taufik Rochman
NRP : 3313100049
Department : Teknik Lingkungan
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.
Sc.

ABSTRACT

The wastewater from hospital generally is one of the sources of pollutants for the environment that could give negative effects such as disruption to health and biotic life. Therefore, it needs to be treated before discharged to the environment. During its activity, class B hospital produces wastewater that is classified as medical wastewater and non – medical, or domestic, wastewater. Medical wastewater comes from the surgery rooms, laboratories and radiology section of the hospital. At the wastewater treatment plant in one of the B class hospitals, the separation between medical wastewater and non – medical wastewater has not been performed. Therefore, treatment units are required to process medical wastewater from hospital. The purpose of this planning are to obtain detailed engineering design of Anaerobic Filter process and Rotating Biological Contactor waste water treatments at B Class Hospital, to obtain BOQ value and RAB for development and operational of each WWTP, and also to compare two alternatives from the volume, efficiency, and construction costs.

Design stage begins with collecting primary data which is the quality of the effluent and the secondary datas, which are the amount of wastewater produced from the wastewater generating units and the quality standards of the hospital wastewater effluent, also other datas that support the designing for later be processed. The next stage, calculate the dimensional of wastewater treatment unit, Detailed Engineering Design (DED), also bill of quantity and budget plan from each unit. Then,

comparison is done, based on several aspects: removal efficiency, dimensional, and land area needed, also budget plan, disadvantages and advantages from each alternative unit.

This planning uses two different units, Anaerobic Filter and Rotating Biological Contactor. The result of this planning are as follows: An Anaerobic Filter (AF) has the advantage of a large potential amount of biogas and has smaller unit dimension. But, AF has the disadvantage of producing higher amount of sludge. While Rotating Biological Contactor (RBC) has the advantages of lower sludge production. But, RBC has the disadvantage of no biogas potential and a larger dimension of the unit. For the ability to degradate pollutant contained, AF has removal efficiency up to 73% of BOD, 66% of COD and 69% of TSS. While 76% of BOD, 74% of COD and 63% of TSS for RBC. The construction cost for the first alternative is Rp. 249.646.978,00 with the operational cost at Rp. 8.623.497,00. The construction cost for the second alternative is Rp. 352.127.961,00 with the operational cost at Rp. 10.789.202,00

Keyword: Anaerobic filter, WWTP, Medical wastewater, Design, Rotating Biological Contactor, Hospital

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan YME, karena atas rahmat dan karunia-Nya Tugas akhir dengan judul **“Perancangan IPAL Medis dengan Teknologi *Anaerobic Filter* dan *Rotating Biological Contactor* di Rumah Sakit Kelas B Surabaya”** dapat saya selesaikan. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini tidak lepas dari dukungan keluarga di rumah yang senantiasa memberikan dorongan semangat.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc, selaku dosen pembimbing mata kuliah Tugas Akhir yang telah banyak membantu dan membimbing selama proses pengerjaan Tugas Akhir,
2. Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D., Ir. Atiek Moesriati, M.Kes., dan Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST, MEPM. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada Tugas Akhir ini,
3. Teman-teman Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan atas bantuan yang telah diberikan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Angkatan 2013 yang saling mendukung dalam proses pengerjaan,
5. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan bantuan kepada penulis.

Dalam penulisan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal dan sebaik mungkin, namun tentunya masih terdapat keterbatasan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna memperbaiki di kemudian hari.

Surabaya, 24 April 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Contents

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Perencanaan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup Perencanaan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Rumah Sakit	5
2.2 Klasifikasi Rumah Sakit	5
2.2.1 Sumber dan Karakteristik Limbah Rumah Sakit	7
2.2.2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit	13
2.3 Bangunan Pengolahan Air Limbah	15
2.3.1 Bak Ekualisasi	15
2.3.2 Tangki Septik	16
2.3.3 <i>Anaerobic Filter</i>	20
2.3.4 <i>Rotating Biological Contactor</i>	23
2.3.5 Bak Pengendap 2	27
2.3.6 Bak Filtrasi	29
2.4 Aksesoris Bangunan Pengolahan Air Limbah	30
2.4.1 Pipa Ven	30

2.4.2 Desinfeksi	30
2.4.3 Pompa.....	31
2.4.4 Pipa Distribusi Antar Bangunan.....	32
2.5 Hasil Penelitian Terdahulu.....	33
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN.....	35
3.1 Umum	35
3.2 Kerangka Perencanaan.....	35
3.2.1 Judul Tugas Akhir	38
3.2.2 Tinjauan Pustaka	38
3.2.3 Pengumpulan Data	38
3.2.4 Pengolahan Data	38
3.2.5 Hasil dan Pembahasan.....	39
3.2.6 Kesimpulan dan Saran.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Penentuan Debit Air Limbah Rumah Sakit.....	41
4.2 Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit Kelas B Pendidikan	42
4.3 Perhitungan Unit Alternatif IPAL.....	44
4.3.1 Bak Ekualisasi.....	44
4.3.1.1 Perhitungan Dimensi Bak Ekualisasi	44
4.3.1.2 Penentuan Dimensi Pipa Influen	47
4.3.1.3 Penentuan Pompa.....	48
4.3.2 Tangki Septik	50
4.3.2.1 Kualitas Effluent Tangki Septik	50
4.3.2.2 Dimensi Tangki Septik.....	53
4.3.2.3 Dimensi Pipa Effluent	54
4.3.2.4 Produksi Biogas	56
4.3.2.5 Mass Balance Tangki Septik	58

4.3.3 <i>Anaerobic Filter</i> (AF).....	58
4.3.3.1 Dimensi <i>Anaerobic Filter</i>	59
4.3.3.2 Kualitas Effluent <i>Anaerobic Filter</i>	60
4.3.3.3 Produksi Biogas	64
4.3.4.4 Mass Balance <i>Anaerobic Filter</i>	66
4.3.3.5 Kebutuhan Nutrient	67
4.3.4 <i>Rotating Biological Contactor</i> (RBC)	70
4.3.4.1 Konsentrasi Bahan Organik Terlarut (SBOD ₅).....	71
4.3.4.2 Penentuan Luas Permukaan Media.....	72
4.3.4.3 Penentuan Tipe RBC	73
4.3.4.4 Penentuan Kebutuhan Media.....	73
4.3.4.5 Penentuan Dimensi RBC	74
4.3.4.6 Kebutuhan Nutrient	76
4.3.4.7 Kualitas Effluent RBC.....	80
4.3.4.9 Mass Balance RBC	81
4.3.5 Bak Pengendap 2	82
4.3.5.1 Penentuan Tipe Pompa	83
4.3.5.2 Dimensi Bak Pengendap 2.....	85
4.3.5.3 Kedalaman Bak Pengendap 2	86
4.3.5.4 Zona Outlet.....	88
4.3.5.5 Saluran Outlet	89
4.3.6 Filtrasi	90
4.3.6.1 Penentuan Tipe Pompa	92
4.3.6.2 Dimensi Pipa Effluent.....	94
4.3.7 Desinfeksi	95
4.3.4.1 Kebutuhan Kaporit	95
4.3.4.2 Perencanaan Bak Pelarut Kaporit.....	96

4.3.4.3 Perencanaan Bak Pembubuh	97
4.3.4.4 Desain Mixing Klorin.....	97
4.3.4.5 Desain Pipa Effluent.....	98
4.3.8 Profil Hidrolis	99
4.4 Bill Of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	102
4.4.1 Bill Of Quantity (BOQ).....	103
4.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)	110
4.5 Pembahasan Perbandingan Kedua Alternatif IPAL	119
4.5.1 Efisiensi Pengolahan IPAL	120
4.5.2 Volume Bangunan IPAL.....	120
4.5.3 Biaya Pembangunan IPAL.....	121
4.5.4 Biaya Operasi IPAL.....	121
4.5.5 Kelebihan dan Kekurangan Masing Masing Unit.....	121
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	123
5.1 Kesimpulan	123
5.2 Saran	124
DAFTAR PUSTAKA.....	125

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Alternatif 1 (<i>Anaerobic Filter</i>).....	15
Gambar 2.2 Alternatif 2 (Rotating Biological Contactor)	15
Gambar 2.3 Grafik Faktor Removal COD pada Tangki Septik ...	17
Gambar 2.4 Grafik Bulan vs Volume Lumpur.....	17
Gambar 2.5 Grafik Faktor Ratio Removal BOD/COD	18
Gambar 2.6 Grafik Faktor Temperature	21
Gambar 2.7 Grafik Faktor Strength	22
Gambar 2.8 Grafik Faktor Permukaan Filter	22
Gambar 2.9 Grafik Faktor Waktu Tinggal.....	22
Gambar 2.10 Grafik faktor ratio removal BOD/COD	23
Gambar 3.1 Tahapan perencanaan	37
Gambar 4.1 Grafik Perhitungan Bak Ekualisasi	46
Gambar 4.2 Grafik Faktor Removal COD pada Tangki Septik ...	51
Gambar 4.3 Grafik Faktor Ratio Removal BOD/COD	52
Gambar 4.4 Mass Balance Tangki Septik	58
Gambar 4.5 Grafik Faktor Temperatur	61
Gambar 4.6 Grafik Faktor Strength	61
Gambar 4.7 Grafik Permukaan Filter	62
Gambar 4.8 Grafik Faktor Waktu Tinggal.....	62
Gambar 4.9 Grafik Faktor Removal BOD/COD.....	63
Gambar 4.10 Mass Balance AF	66
Gambar 4.11 Kurva Organik Loading v Total BOD5 untuk Rotordisk.....	73
Gambar 4.12 Mass Balace RBC	82

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kualitas Air Limbah RSUD Sidoarjo	12
Tabel 2. 2 Kualitas Air Limbah RSUD Dr. M Soewandhi	13
Tabel 2. 3 Kualitas Air Limbah RSUD Jayapura	13
Tabel 2. 4 Baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit.....	14
Tabel 2. 5 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit	14
Tabel 2. 6 Kriteria Desain Tangki Septik	17
Tabel 2. 7 Kriteria Desain Rotating Biological Contactor	25
Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah Hasil Uji Laboraturium	42
Tabel 4. 2 Karakteristik Air Limbah Medis.....	42
Tabel 4. 3 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit	43
Tabel 4. 4 Metode Analitis Perhitungan Volume Bak Ekualisasi	44
Tabel 4. 5 <i>Headloss</i> Unit Alternatif 1 (AF)	100
Tabel 4. 6 <i>Headloss</i> Unit Alternatif 2 (RBC).....	101
Tabel 4. 7 Nilai Satuan Perhitungan RAB Per Jenis Kegiatan..	110
Tabel 4. 8 Hasil Rekapitulasi RAB Alternatif 1 (AF)	115
Tabel 4. 9 Hasil Rekapitulasi RAB Alternatif 2 (RBC)	116
Tabel 4. 10 Konsumsi Listrik Per Hari Alternatif 1 (AF).....	117
Tabel 4. 11 Konsumsi Listrik Per Hari Alternatif 2 (RBC).....	118
Tabel 4. 12 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kedua Alternatif	120
Tabel 4. 13 Perbandingan Volume Kedua Alternatif	120
Tabel 4. 14 Perbandingan Biaya Pembangunan IPAL.....	121
Tabel 4. 15 Perbandingan Biaya Operasi IPAL.....	121

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A : Detail Engineering Design.....	129
Lampiran B : Spesifikasi Pompa.....	145
Lampiran C : Spesifikasi <i>Rotary Biological Contactor</i> ...	149
Lampiran D : Tarif Dasar Listrik.....	151

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah sakit (RS) adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan rawat inap, rawat jalan dan gawat darurat (Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, 2009). Limbah rumah sakit adalah buangan hasil proses kegiatan dimana sebagian limbah tersebut merupakan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) yang mengandung mikroorganisme patogen, infeksius dan radioaktif (Sitepu, 2015). Limbah cair rumah sakit merupakan salah satu sumber pencemar bagi lingkungan yang dapat memberi dampak negatif berupa gangguan terhadap kesehatan, kehidupan biotik sehingga harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan.

Limbah cair yang dihasilkan rumah sakit kelas B berupa limbah cair medis dan non medis. Limbah cair medis berasal dari ruang operasi, laboratorium rumah sakit, laboratorium akademi perawatan dan radiologi gedung rumah sakit. Limbah farmasi juga merupakan salah satu jenis limbah yang berasal dari kegiatan rumah sakit. Air limbah medis pada umumnya bersifat toksik bahkan termasuk ke dalam bahan berbahaya dan beracun (B3), sedangkan air limbah domestik tidak bersifat toksik terhadap mikroorganisme. Kedua sifat yang berbeda tersebut tentunya diperlukan jenis pengolahan yang berbeda pula.

Pada pengolahan air limbah rumah sakit ini belum dilakukan pemisahan antara air limbah medis dan non medis sehingga effluen yang dihasilkan masih belum sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu SK Gubernur Jawa Timur nomer 72 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya. Menurut Liu *et al* (2010) bahwa air limbah sebelum dibuang ke badan air lebih baik didisinfeksi terlebih dahulu. Pada umumnya metode desinfeksi menggunakan klorin (Cl) lebih sering digunakan pada pengolahan air limbah rumah sakit. Proses desinfeksi ini berfungsi mencegah persebaran mikroorganisme dan mencegah penyakit infeksius.

Dalam tugas akhir ini, direncanakan pengolahan hanya untuk air limbah medis di rumah sakit tersebut. Perencanaan IPAL dengan alternatif teknologi *anaerobic filter* dan *rotating*

biological contactor bertujuan untuk memperbaiki kualitas *outlet* dan meningkatkan kapasitas serta efisiensi IPAL. Berdasarkan permasalahan yang ada, perlu adanya perencanaan terhadap instalasi pengolahan air limbah medis yang terdapat di Rumah Sakit kelas B. Perencanaan ini dilakukan dengan pengolahan yang berbeda (2 alternatif), Dari dua alternatif tersebut akan dipilih salah satu dengan membandingkan hasil perencanaan secara teknis dan ekonomis.

Selain membandingkan kedua hasil dari alternatif tersebut, juga diperlukan hasil buangan dari kedua alternatif pengolahan yang telah memenuhi baku mutu sesuai SK Gubernur Jawa Timur nomer 72 tahun 2013 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya. Dua alternatif yang akan dikerjakan adalah *anaerobic filter* (AF) dan *rotating biological contactor* (RBC).

Pemilihan kedua unit dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Said dan Heru (1999), bahwa kedua unit mampu mengelola limbah toxic dari limbah medis. Selain itu murah biaya operasional dan perawatan serta potensi terhadap lingkungan yang minim membuat *anaerobic filter* dan RBC lebih unggul dibandingkan dengan pengolahan jenis lainnya untuk kegiatan rumah sakit. Perencanaan dilakukan untuk mengkaji dan memperbaiki proses pengolahan yang terdapat di salah satu Rumah Sakit kelas B. Dengan adanya perencanaan tersebut diharapkan dapat mengurangi dampak akibat air limbah sehingga memenuhi baku mutu yang disyaratkan pada rumah sakit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, didapat beberapa permasalahan yang terdapat di rumah sakit kelas B, yaitu:

1. Bagaimana mendesain IPAL medis dengan alternatif *anaerobic filter* dan *rotating biological contactor* agar sesuai dengan SK Gubernur Jawa Timur nomer 72 tahun 2013?
2. Bagaimana perbandingan hasil desain kedua alternatif IPAL rumah sakit kelas B termasuk BOQ dan RAB?

1.3 Tujuan Perencanaan

Tujuan perencanaan kali ini adalah:

1. Memperoleh desain rinci IPAL dengan proses *anaerobic filter* dan *rotating biological contactor* di rumah sakit kelas B,
2. Mendapatkan nilai *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pembangunan dan operasional masing IPAL,
3. Melakukan perbandingan dua alternatif dari segi volume, efisiensi penyisihan, serta biaya konstruksi.

1.4 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah memberikan informasi ilmiah alternatif pengolahan air limbah medis yang efektif dan efisien di rumah sakit kelas B serta membantu mengurangi beban pencemar sesuai dengan peraturan yang berlaku.

1.5 Ruang Lingkup Perencanaan

Batasan dalam perencanaan ini adalah:

1. Perencanaan dilakukan di Rumah Sakit Kelas B Kota Surabaya.
2. Karakteristik air limbah didapatkan dari rumah sakit kelas B Surabaya
3. Perencanaan dilakukan dari bulan Februari hingga April.
4. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis dan finansial.
5. Baku mutu effluen IPAL yang direncanakan mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur No.72/Tahun 2013.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Rumah Sakit

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan terhadap instalasi pengelolaan air limbah pada salah satu rumah sakit kelas B di Surabaya dengan menggunakan dua alternatif. Rumah Sakit Kelas B merupakan rumah sakit umum pelayanan menengah yang terletak di Surabaya yang terdiri dari 8 tingkat. Limbah yang dihasilkan dari rumah sakit ini tergolong menjadi 2 jenis, yaitu limbah medis dan non medis.

Limbah cair medis berasal dari ruang operasi, laboratorium, dan radiologi gedung rumah sakit. Limbah cair non medis berasal dari kegiatan dapur, pelayanan, gizi, dan *laundry* dari gedung rumah sakit, dan akademi keperawatan yang terletak di sekitar lokasi. Limbah farmasi juga merupakan salah satu jenis limbah yang berasal dari kegiatan rumah sakit.

Dalam mengelola air limbah dari rumah sakit kelas B, didapatkan beberapa kendala yang terkait dengan permasalahan teknis sehingga mempengaruhi air buangan yang dihasilkan dari rumah sakit.

Permasalahan yang terjadi di rumah sakit kelas B adalah limbah cair medis dan non-medis tidak mengalami pemisahan dalam proses pengolahannya maupun saluran antara limbah medis dan non medis. Buangan limbah cair non-medis dan medis rumah sakit kelas B ini dikumpulkan dan dialirkan ke satu wadah untuk di proses lebih lanjut. Sehingga limbah yang dihasilkan dari rumah sakit kelas B ini tidak memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 karena pencampuran limbah cair medis dan non-medis tersebut.

2.2 Klasifikasi Rumah Sakit

Masalah lingkungan erat sekali hubungannya dengan dunia kesehatan. Dalam hal ini rumah sakit sebagai sarana kesehatan sekaligus pendonor limbah yang bersifat berbahaya dan beracun harus pula menjaga limbah buangannya agar tidak mencemari lingkungan. Menurut UU RI No. 44 Tahun 2009 tentang Rumah Sakit, rumah sakit adalah institusi pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan, dan gawat darurat. Menurut Peraturan Menteri

Kesehatan (Permenkes) Nomor 56 Tahun 2004 tentang Klasifikasi dan Perizinan Rumah Sakit, berdasarkan jenis pelayanan yang diberikan, rumah sakit dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

a) Rumah Sakit Umum (RSU)

Rumah Sakit Umum adalah rumah sakit yang memberikan pelayanan kesehatan pada semua bidang dan jenis penyakit.

b) Rumah Sakit Khusus (RSK)

Rumah Sakit Khusus adalah rumah sakit yang memberikan pelayanan utama pada satu bidang atau satu jenis penyakit tertentu berdasarkan disiplin ilmu, golongan umur, organ, jenis penyakit atau kekhususan lainnya.

Sementara menurut UU RI No. 44 Tahun 2009 tentang Rumah Sakit, RSU sebagaimana dimaksud diatas diklasifikasikan menjadi:

a) Kelas A

RSU Kelas A adalah rumah sakit umum yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medik paling sedikit 4 (empat) spesialis dasar, 5 (lima) spesialis penunjang medik, 12 (dua belas) spesialis lain dan 13 (tiga belas) subspesialis.

b) Kelas B

RSU Kelas B adalah rumah sakit umum yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medik paling sedikit 4 (empat) spesialis dasar, 4 (empat) spesialis penunjang medik, 8 (delapan) spesialis lain dan 2 (dua) subspesialis dasar.

c) Kelas C

RSU Kelas C adalah rumah sakit umum yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medik paling sedikit 4 (empat) spesialis dasar dan 4 (empat) spesialis penunjang medik.

d) Kelas D

RSU Kelas D adalah rumah sakit umum yang mempunyai fasilitas dan kemampuan pelayanan medik paling sedikit 2 (dua) spesialis dasar.

2.2.1 Sumber dan Karakteristik Limbah Rumah Sakit

Menurut Kementerian Kesehatan RI (2011), Air limbah adalah seluruh air buangan yang berasal dari hasil proses kegiatan sarana pelayanan kesehatan yang meliputi : air limbah domestik (air buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian), air limbah klinis (air limbah yang berasal dari kegiatan klinis rumah sakit, misalnya air bekas cucian luka, cucian darah, dan lain lain), air limbah laboratorium, dan lainnya. Persentase terbesar dari air limbah adalah limbah domestik sedangkan sisanya adalah limbah yang terkontaminasi oleh *infectious agents* kultur mikroorganisme, darah, buangan pasien pengidap penyakit infeksi, dan lain-lain.

Air limbah yang berasal dari buangan domestik maupun buangan limbah cair klinis umumnya mengandung senyawa pencemar organik yang cukup tinggi dan dapat diolah dengan proses pengolahan secara biologis. Air limbah yang berasal dari laboratorium biasanya banyak mengandung logam berat yang apabila dialirkan ke dalam proses pengolahan secara biologis dapat mengganggu proses pengolahannya, sehingga perlu dilakukan pengolahan awal secara kimia-fisika, selanjutnya air olahannya dialirkan ke instalasi pengolahan air limbah. Adapun sumber-sumber yang menghasilkan air limbah, antara lain:

- a) Unit pelayanan medis
 - Rawat inap
 - Rawat jalan
 - Rawat darurat
 - Rawat intensif
 - Haemodialisa
 - Bedah sentral
 - Bedah isolasi
- b) Unit penunjang pelayanan medis
 - Laboratorium
 - Radiologi
 - Farmasi
 - Sterilisasi
 - Kamar jenazah
- c) Unit penunjang pelayanan non medis
 - Logistik
 - Cuci

- Rekam medis
- Fasilitas umum: Masjid/Musholla dan Kantin
- Kesekretariatan/Administrasi
- Dapur gizi
- Dan lain lain

Melihat potensi dampak air limbah rumah sakit terhadap kesehatan masyarakat sangat besar, maka setiap rumah sakit diharuskan mengolah air limbahnya sampai memenuhi standar yang berlaku. Dalam menentukan karakteristik limbah maka ada tiga jenis sifat yang harus diketahui, yaitu:

1. Sifat fisik

a) Padatan

Dalam limbah ditemukan zat padat yang secara umum diklasifikasikan kedalam dua kelompok besar yaitu padatan terlarut dan padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel koloid dan partikel biasa. Jenis partikel dapat dibedakan berdasarkan diameternya. Jenis padatan terlarut maupun tersuspensi dapat bersifat organik dan anorganik tergantung dari mana sumber limbah. Selain kedua jenis padatan ini, terdapat padatan terendap yang mempunyai diameter yang lebih besar dan dalam keadaan tenang dalam beberapa waktu akan mengendap sendiri karena beratnya. Zat padat tersuspensi yang mengandung zat-zat organik pada umumnya terdiri dari protein, ganggang, dan bakteri.

b) Kekeruhan

Sifat keruh air dapat dilihat dengan mata secara langsung karena ada partikel koloidal yang terdiri dari tanah liat, sisa bahan-bahan, protein, dan ganggang yang terdapat dalam limbah. Kekeruhan merupakan sifat optis larutan.

c) Bau

Sifat bau limbah disebabkan karena zat-zat organik yang telah berurai dalam limbah mengeluarkan gas-gas seperti sulfida atau ammonia yang menimbulkan penciuman tidak enak yang disebabkan adanya campuran dari nitrogen, sulfur dan fosfor yang berasal dari pembusukan protein yang dikandung

limbah. Timbulnya bau yang diakibatkan limbah merupakan suatu indikator bahwa terjadi proses alamiah.

d) Temperatur

Limbah yang mempunyai temperatur panas akan mengganggu pertumbuhan biota tertentu. Temperatur yang dikeluarkan suatu limbah cair harus merupakan temperatur alami. Suhu berfungsi memperlihatkan aktivitas kimiawi dan biologis. Pada suhu tinggi pengentalan cairan berkurang dan mengurangi sedimentasi. Tingkat zat oksidasi lebih besar daripada suhu tinggi dan pembusukan jarang terjadi pada suhu rendah.

e) Warna

Warna dalam air disebabkan adanya ion-ion logam besi dan mangan (secara alami), humus, plankton, tanaman air dan buangan. Warna berkaitan dengan kekeruhan dan dengan menghilangkan kekeruhan kelihatan warna nyata. Demikian pula warna dapat disebabkan oleh zat-zat terlarut dan zat tersuspensi.

2. Sifat kimia

Karakteristik kimia air limbah ditentukan oleh *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan logam-logam berat yang terkandung dalam air limbah. Tes BOD dalam air limbah merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan. Metode pengukuran limbah dengan cara ini sebenarnya merupakan pengukuran tidak langsung dari bahan organik. Pengujian dilakukan pada temperatur 20°C selama 5 hari. Jika disesuaikan dengan temperatur alami Indonesia maka seharusnya pengukuran dapat dilakukan pada lebih kurang 300°C. Pengukuran dengan COD lebih singkat tetapi tidak mampu mengukur limbah yang dioksidasi secara biologis. Nilai COD selalu lebih tinggi dari nilai BOD.

a) Biological Oxygen Demand (BOD)

Pemeriksaan BOD dalam limbah didasarkan atas reaksi oksidasi zat-zat organik dengan oksigen dalam

air dimana proses tersebut dapat berlangsung karena adanya sejumlah bakteri. Diperhitungkan selama dua hari, lebih dari sebagian reaksi telah tercapai. BOD adalah kebutuhan oksigen bagi sejumlah bakteri untuk menguraikan semua zat-zat organik yang terlarut maupun sebagian tersuspensi dalam air menjadi bahan organik yang lebih sederhana. Semakin tinggi angka BOD semakin sulit bagi makhluk air yang membutuhkan oksigen untuk bertahan hidup.

b) Chemical Oxygen Demand (COD)

Pengukuran kekuatan limbah dengan COD adalah bentuk lain pengukuran kebutuhan oksigen dalam air limbah. Metode ini lebih singkat waktunya dibandingkan dengan analisis BOD. Pengukuran ini menekankan kebutuhan oksigen akan kimia dimana senyawa-senyawa yang diukur adalah bahan-bahan yang tidak dipecah secara biokimia. Adanya racun atau logam tertentu dalam limbah pertumbuhan bakteri akan terhalang dan pengukuran BOD menjadi tidak realistis. Untuk mengatasinya maka dapat menggunakan analisis COD. COD adalah sejumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat anorganik dan organik sebagaimana pada BOD. Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat anorganik. Semakin dekat nilai BOD terhadap COD menunjukkan bahwa semakin sedikit bahan anorganik yang dapat dioksidasi dengan bahan kimia. Pada limbah yang mengandung logam-logam, pemeriksaan terhadap BOD tidak memberi manfaat karena tidak ada bahan organik dioksidasi. Hal ini bisa jadi karena logam merupakan racun bagi bakteri.

c) Gas metan

Gas metan terbentuk akibat penguraian zat-zat organik dalam kondisi anaerob pada air limbah. Gas ini dihasilkan oleh lumpur yang membusuk pada dasar kolam, tidak berdebu, tidak berwarna, dan mudah terbakar. Metan juga dapat ditemukan pada rawa-rawa dan sawah. Suatu kolam limbah yang menghasilkan gas metan akan sedikit sekali menghasilkan lumpur,

sebab lumpur telah habis terolah menjadi gas metan dan air serta CO_2 .

d) Keasaman air

Keasaman air diukur dengan pH meter. Keasaman ditetapkan berdasarkan tinggi rendahnya konsentrasi ion hidrogen dalam air. Air buangan yang mempunyai pH tinggi atau rendah dapat membunuh mikroorganisme air yang diperlukan untuk keperluan biota tertentu. Demikian juga makhluk-makhluk lain tidak dapat hidup seperti ikan. Air yang mempunyai pH rendah membuat air korosif terhadap bahan-bahan konstruksi besi yang berkontak langsung dengan air.

e) Alkalinitas

Tinggi rendahnya alkalinitas air ditentukan oleh senyawa karbonat, garam garam hidroksida, kalsium, magnesium, dan natrium dalam air. Tingginya 10 kandungan zat-zat tersebut mengakibatkan kesadahan dalam air. Semakin tinggi kesadahan suatu air semakin sulit air berbuih. Untuk menurunkan kesadahan air dilakukan pelunakan air. Pengukuran alkalinitas air adalah pengukuran kandungan ion CaCO_3 , ion magnesium bikarbonat dan lain-lain.

f) Lemak dan minyak

Kandungan lemak dan minyak yang terkandung dalam limbah bersumber dari instalasi yang mengolah bahan baku mengandung minyak. Lemak dan minyak merupakan bahan organik bersifat tetap dan sukar diuraikan bakteri. Limbah ini membuat lapisan pada permukaan air sehingga membentuk selaput.

g) Oksigen terlarut

Keadaan oksigen terlarut berlawanan dengan keadaan BOD. Semakin tinggi BOD semakin rendah oksigen terlarut. Keadaan oksigen terlarut dalam air dapat menunjukkan tanda-tanda kehidupan ikan dan biota dalam perairan. Kemampuan air untuk mengadakan pemulihan secara alami banyak tergantung pada tersedianya oksigen terlarut. Semakin tinggi angka oksigen terlarut menunjukkan keadaan air semakin baik.

h) Klorida

Klorida merupakan zat terlarut dan tidak menyerap. Klor bebas berfungsi sebagai desinfektan tetapi dalam bentuk ion yang bersenyawa dengan ion natrium menyebabkan air menjadi asin dan dapat merusak pipa-pipa instalasi.

i) Fosfat

Pengukuran kandungan fosfat dalam air limbah berfungsi untuk mencegah tingginya kadar fosfat sehingga tumbuh-tumbuhan dalam air berkurang jenisnya dan jika dibiarkan pertumbuhan tanaman air akan terhambat.

3. Sifat biologi

Mikroorganisme ditemukan dalam jenis yang sangat bervariasi hampir dalam semua bentuk air limbah, biasanya dengan konsentrasi 10^5 - 10^8 organisme/mL. Kebanyakan merupakan sel tunggal yang bebas ataupun berkelompok dan mampu melakukan proses-proses kehidupan (tumbuh, metabolisme, dan reproduksi). Keberadaan bakteri dalam unit pengolahan air limbah merupakan kunci efisiensi proses biologis. Bakteri juga berperan penting dalam mengevaluasi kualitas air (Ayuningtyas, 2009).

Berikut merupakan karakteristik air dari beberapa rumah sakit kelas B yang ada di Indonesia yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 hingga 2.3

Tabel 2. 1 Kualitas Air Limbah RSUD Sidoarjo

No.	Parameter	Nilai	Baku mutu (SK Gub Jatim no. 72 tahun 2013)
1	BOD5	182 mg/l	30 mg/l
2	COD	385 mg/l	80 mg/l
3	TSS	244 mg/l	30 mg/l
4	NH3-bebas	3,4 mg/l	0,1 mg/l
5	Fosfat	9,15 mg/l	2 mg/l

Sumber: Halimatussa'diyah, 2005

Tabel 2. 2 Kualitas Air Limbah RSUD Dr. M Soewandhi

No.	Parameter	Nilai	Baku mutu (SK Gub Jatim no. 72 tahun 2013)
1	BOD5	53,96 mg/l	30 mg/l
2	COD	224,74 mg/l	80 mg/l
3	TSS	83 mg/l	30 mg/l
4	NH3-bebas	1,57 mg/l	0,1 mg/l
5	Fosfat	5,44 mg/l	2 mg/l

Sumber: Agustin, 2014

Tabel 2. 3 Kualitas Air Limbah RSU Jayapura

No.	Parameter	Nilai	Baku mutu (Kep MenLH No 58/MENLH/10/1995)
1	BOD5	2,18 mg/l	30 mg/l
2	COD	5 mg/l	80 mg/l
3	TSS	15 mg/l	30 mg/l
4	NH3-bebas	0,11 mg/l	0,1 mg/l
5	Fosfat	2,7 mg/l	2 mg/l

Sumber: Prastiwi, 2015

2.2.2 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (Kepmen LH) No. 58 Tahun 1995 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Rumah Sakit, terdapat 4 parameter yang dijadikan acuan baku mutu air limbah cair, yaitu BOD₅, COD, TSS, dan pH. Berdasarkan keputusan tersebut maka setiap Rumah Sakit yang menghasilkan air limbah/limbah cair harus memenuhi peraturan tersebut. Nilai yang diperbolehkan dalam Kepmen LH No. 58 Tahun 1995 dapat dilihat dalam Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Baku mutu limbah cair bagi kegiatan rumah sakit

Parameter	Kadar maksimum (mg/L)
BOD5	75
COD	100
TSS	100
pH	6,0 - 9,0

Sumber: Kepmen LH No. 58 Tahun 1995

Belum adanya baku mutu yang dikhususkan untuk air limbah medis rumah sakit, membuat baku mutu yang digunakan dalam perencanaan ini masih mengacu kepada Surat Keputusan Gubernur Jawa Timur (SK Gub Jatim) No.72 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri dan Usaha Lainnya. Parameter-parameter yang perlu diperhatikan meliputi: suhu, pH, BOD, COD, TSS, NH₃-N bebas, PO₄, dan MPN-Kuman Golongan Koli/100 mL. Nilai yang diperbolehkan dalam SK Gub Jatim No. 72 Tahun 2013 dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2. 5 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

BAKU MUTU LIMBAH CAIR UNTUK KEGIATAN RUMAH SAKIT Volume Limbah Cair Maximum 500 L/(orang.hari)	
Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)
Suhu	30°C
pH	6 hingga 9
BOD5	30
COD	80
TSS	30
NH ₃ -N bebas	0,1
PO ₄	2
MPN-Kuman Golongan Koli/100 mL	10.000

Sumber: SK Gub Jatim No. 72 Tahun 2013

2.3 Bangunan Pengolahan Air Limbah

Dalam perencanaan ini terdapat dua alternatif yang dipilih untuk menangani limbah medis yang terdapat di rumah sakit kelas B, yaitu dengan menggunakan *anaerobic filter* dan *rotating biological contactor*, pemilihan alternatif tersebut berdasarkan kemampuan dari kedua unit dalam mengelola limbah toksik. Skema alternatif IPAL dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2



Gambar 2.1 Alternatif 1 (*Anaerobic Filter*)



Gambar 2.2 Alternatif 2 (*Rotating Biological Contactor*)

Berikut adalah beberapa bangunan pengolahan air limbah yang meliputi bak ekualisasi, tangki septik dan biofilter digunakan dalam tugas akhir ini.

2.3.1 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi merupakan peredaman variasi laju aliran untuk mencapai suatu laju aliran konstan atau hampir konstan dan dapat diterapkan dalam sejumlah situasi yang berbeda, tergantung pada karakteristik sistem pengumpulan. Untuk menjaga kestabilan air limbah yang dihasilkan, maka diperlukan perataan limbah maupun beban air limbah yaitu dengan cara

menampung sementara menggunakan bak ekualisasi. Kegunaan lain dari adalah sebagai berikut:

- bak ekualisasi membuat air limbah bercampur sempurna sehingga menghasilkan larutan air limbah yang homogen,
- mencegah adanya masalah operasi akibat variasi debit
- Jika terjadi perubahan beban secara mendadak dapat dihindari, dan diatur hingga menjadi konstan.

Dalam penentuan dimensi dari bak ekualisasi perlu dilakukan penentuan terhadap waktu tinggal (t_d) dan tinggi. Kriteria desain untuk waktu tinggal dalam bak ekualisasi yaitu 4 sampai 8 jam.

Tahap perhitungan:

- a) Menentukan debit pengaliran setiap jam nya selama 24 jam
- b) Menghitung volume bak ekualisasi
 - $V \text{ bak ekualisasi} = Q \text{ desain} \times (\% \text{ positif terbesar} - \% \text{ negatif terbesar})$ Pers. 2.1
- c) Menentukan kedalaman bak ekualisasi
- d) Menentukan panjang dan lebar bak ekualisasi
 - $V \text{ bak ekualisasi} = \text{luas permukaan} \times \text{tinggi}$
 $\text{Luas permukaan} = \frac{V \text{ bak ekualisasi}}{\text{tinggi}}$ Pers. 2.2
 - $P = 2 \times \text{lebar}$ Pers. 2.3
- e) Melakukan cek terhadap waktu detensi
 - $T_d \text{ cek} = \text{Volume} / Q_{ave}$ Pers. 2.4

Jika hasil yang didapatkan sudah melebihi 10.000 maka sudah sesuai kriteria desain (Priyanka, 2012).

2.3.2 Tangki Septik

Tangki septik berfungsi untuk melakukan proses sedimentasi yang dapat menyisihkan zat padat organik yang dapat mengendap dengan mudah dengan menggunakan bantuan bakteri. Biasanya proses sedimentasi dapat meremoval TSS hingga 70% dan BOD hingga 40 %. Pada umumnya bentuk bak pengendap adalah persegi panjang, persegi atau lingkaran tergantung kondisi lahan yang tersedia. Dalam perhitungan tangki septik ada beberapa kriteria yang harus ditentukan seperti pada Tabel 2.6 Berikut ini:

Tabel 2. 6 Kriteria Desain Tangki Septik

Kriteria	Kisaran
Waktu Tinggal (td)	4-8 jam
Ratio SS Set/COD	0,35-0,45
Ratio BOD/COD	0,5-0,9

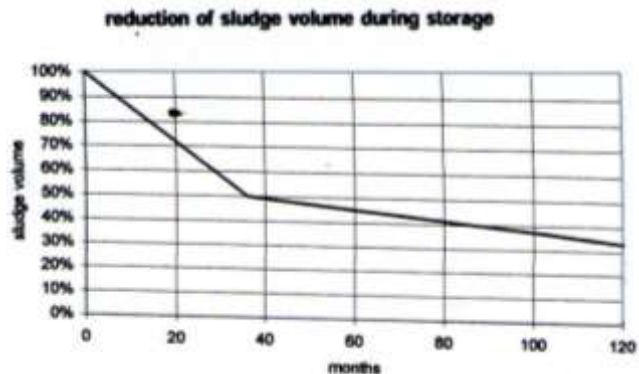
Sumber: Sasse, 1998

Selain kriteria diatas, ada beberapa grafik yang mempengaruhi dalam perhitungan removal BOD dan COD pada tangki septik. Grafik-grafik tersebut dijelaskan pada Gambar 2.3 sampai Gambar 2.5 sebagai berikut :



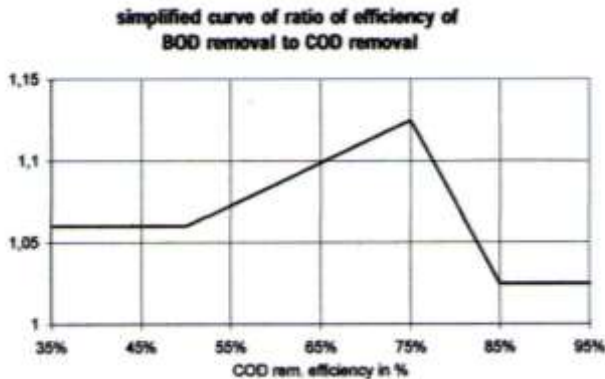
Gambar 2.3 Grafik Faktor Removal COD pada Tangki Septik

Sumber: Sasse, 1998



Gambar 2.4 Grafik Bulan vs Volume Lumpur

Sumber: Sasse, 1998



Gambar 2.5 Grafik Faktor Ratio Removal BOD/COD

Sumber: Sasse, 1998

Pada grafik faktor removal COD di tangki septik, diperoleh nilai removal pada tangki septik dengan menentukan waktu tinggal terlebih dahulu dan kemudian diplotkan pada garis grafik tersebut.

Pada grafik bulan Vs volume lumpur, diperoleh nilai prosentase volume lumpur yang dihasilkan dengan cara menentukan lamanya umur lumpur kemudian diplotkan pada garis grafik tersebut. Pada grafik Faktor Ratio Removal BOD/COD, diperoleh nilai ratio removal BOD/COD dengan cara memplotkan nilai removal COD yang diperoleh pada grafik sebelumnya pada garis grafik tersebut.

Tahapan perhitungan:

- a) Menentukan kualitas effluent
 - Menentukan COD removal factor berdasarkan HRT yang direncanakan dengan menggunakan grafik faktor removal COD pada tangki septik. Grafik faktor removal COD dapat dilihat pada gambar 2.5
 - Menentukan COD removal

$$\text{COD rem} = (\text{SS setl/COD ratio} / 0,6) \times \text{faktor presentase removal COD}$$

Pers. 2.6
 - COD effluent = COD influent - (COD influent x COD removal)

Pers. 2.7

- Mencari faktor efisiensi rasio BOD berdasarkan %COD removal pada grafik faktor removal BOD/COD pada gambar 2.8
- Menentukan BOD removal

$$\text{BOD}_5 \text{ removal} = \text{BOD/COD rem. faktor} \times \% \text{COD}$$

Pers. 2.9
- $\text{BOD effluent} = \text{BOD influent} - (\text{BOD influent} \times \text{BOD removal})$

Pers. 2.10
- Menentukan TSS removal

$$\% \text{Removal} = \frac{\theta H}{a + b \theta H}$$

Pers. 2.11
- $\text{TSS effluent} = \text{TSS influent} - (\text{TSS influent} \times \text{TSS removal})$

Pers. 2.12
- b) Menentukan produksi lumpur
 - Menentukan nilai TSS yang masuk
 - Menentukan persen removal TSS

$$\% \text{Removal} = \frac{\theta H}{a + b \theta H}$$

Pers. 2.11
 - $\text{TSS effluent} = \text{TSS influent} - (\text{TSS influent} \times \text{TSS removal})$ Rumus 2.12
 - Menentukan TSS yang teremoval

$$= \text{TSS in} - \text{TSS out}$$

Pers. 2.13
 - Menentukan massa TSS yang menjadi lumpur

$$= \text{TSS teremoval} \times Q_{\text{ave}}$$

Pers. 2.14
- c) Dimensi tangki septik
 - Menentukan volume air = $\text{HRT} \times \text{max flow at peak hours}$

Pers. 2.15
 - Menentukan volume air dan lumpur = volume lumpur dan volume air

Pers. 2.16
 - Menentukan luas area settler = $\text{vol. air dan lumpur} / \text{kedalaman air}$

Pers. 2.17
 - Menentukan volume freeboard = $\text{luas permukaan settler} \times 0,3 \text{ m}$

Pers. 2.18
 - Menentukan volume total settler = volume air dan lumpur + volume freeboard

Pers. 2.19
 - Panjang ruang pertama = $2/3 \times \text{volume tangki septik} / (\text{lebar tangki} \times \text{kedalaman tangki})$

Pers. 2.20
 - Panjang ruang kedua = $\text{panjang ruang pertama} / 2$

Pers. 2.21

- Inner surface area = lebar kompartemen x (panjang ruang 1 + panjang ruang 2) Pers. 2.22
- Total volume = inner surface area x ketinggian air Pers. 2.23

2.3.3 Anaerobic Filter

Anaerobic filter atau yang sering disebut dengan *fixed bed* atau *fixed film reactor*, mengolah padatan yang tidak terendapkan dan padatan terlarut dalam air limbah dengan cara mengkontakkan pada bakteri dalam media biofilter. Bakteri yang “lapar” akan mencerna bahan organik yang terlarut dalam waktu yang singkat. Dengan demikian, air limbah yang masih segar dipaksa untuk melakukan kontak dengan bakteri secara intensif. Semakin luas tempat untuk pertumbuhan bakteri, maka semakin cepat proses pencernaannya. Media yang biasa digunakan biasanya diisi dengan kerikil, plastik atau media lain.

Penguraian zat zat organik yang ada dalam air limbah dilakukan oleh bakteri anaerobik atau fakultatif aerobik. Dalam kondisi terbaik, anaerobic filter mampu meremoval antara 70-90% BOD. Ini cocok digunakan untuk limbah domestik dan untuk semua limbah industri yang memiliki kadar padatan tersuspensi rendah. Pre-treatment dalam settler atau *septic tank* mungkin dapat mengurangi padatan dalam jumlah besar sebelum masuk ke dalam filter.

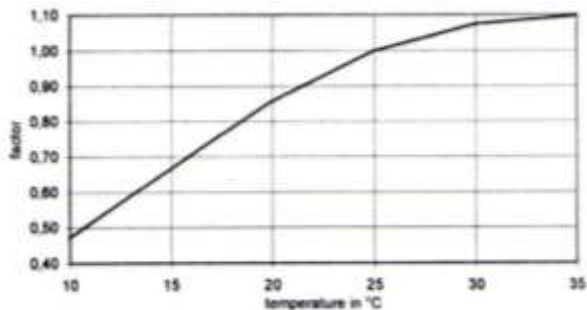
Anaerobic filter dapat dioperasikan secara *down flow* atau *up flow system*. *Up flow system* lebih sering digunakan karena resiko terbuangnya bakteri aktif akan lebih rendah. Kriteria desain yang penting adalah adanya distribusi aliran yang merata pada bagian filter (Sasse, 1998). Kriteria desain berdasarkan Sasse (1998) adalah sebagai berikut:

- Luas permukaan media: 90-300 m²/m³
- BOD removal berkisar 70-90%
- Jenis media: kerikil, batu (5-10 cm), plastic, arang (5-15 cm)
- Organic loading: <4,5 kg COD/m³.hari
- HRT: 1- 2 hari

Tahapan perhitungan:

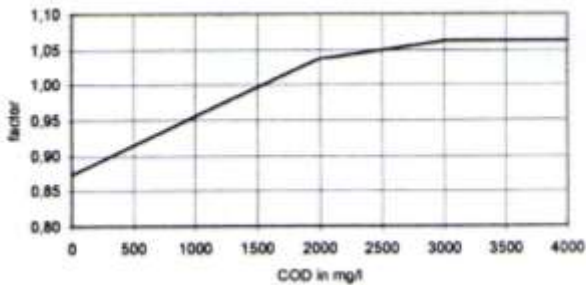
- a) Perhitungan ukuran dan jumlah ruangan

- Menentukan beban organik yang masuk ke unit anaerobik filter.
 - Menentukan aliran maksimal per jam
 $= Q_{ave} / \text{waktu aliran air limbah}$ Pers. 2.24
 - Menentukan tinggi filter
 $= \text{tinggi filter tank} - \text{freeboard bawah} - \text{freeboard atas} - \text{tebal filter plate}$ Pers. 2.25
 - Menentukan jumlah ruangan berdasarkan outlet dari air limbah
 - Menentukan HRT dalam AF
 $= [(\text{kedalaman tangki} - \text{tinggi filter} \times (1 - \text{voids in filter mass})) \times \text{panjang setiap ruangan} \times \text{lebar filter tank} \times \text{jumlah ruangan}] / [Q_{ave} / 24]$ Pers. 2.26
 - Menentukan kecepatan V_{up} maksimal
 $= \text{aliran maksimal per jam} / (\text{lebar filter tank} \times \text{panjang tiap ruang} \times \text{voids in filter mass})$ Pers. 2.27
 V_{up} yang didapatkan tidak boleh melebihi 2 m/jam
- b) Removal beban organik
- Menentukan COD *removal* dari faktor temperatur, faktor strength, faktor permukaan filter, faktor HRT berdasarkan grafik pada Gambar 2.6 hingga 2.9



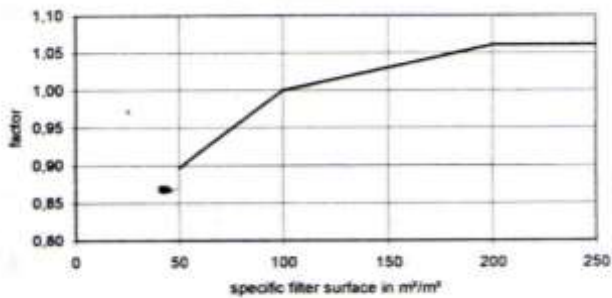
Gambar 2.6 Grafik Faktor Temperature

Sumber: Sasse, 1998



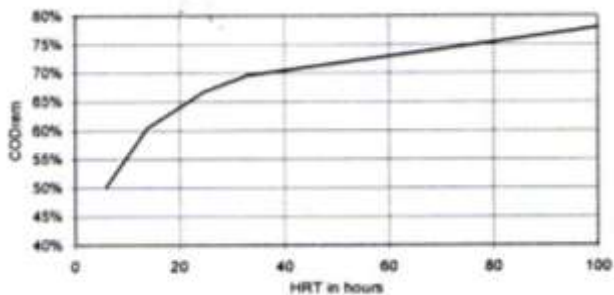
Gambar 2.7 Grafik Faktor Strength

Sumber: Sasse, 1998



Gambar 2.8 Grafik Faktor Permukaan Filter

Sumber: Sasse, 1998



Gambar 2.9 Grafik Faktor Waktu Tinggal

Sumber : Sasse, 1998

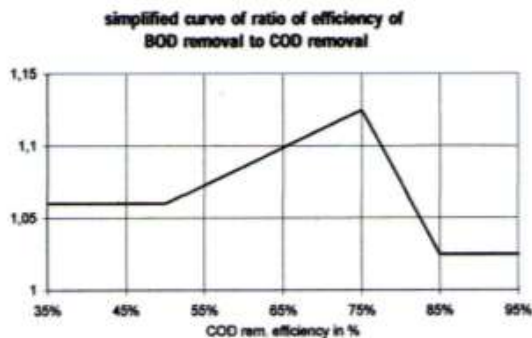
- Laju efisiensi COD removal

$$= F. \text{ Temp} \times F. \text{ Strength} \times F. \text{ Permukaan} \times F. \text{ HRT} \times (1 + (\text{Jumlah Filter} \times 0,04))$$

Pers. 2.28
- COD efluen

$$= \text{COD influen} - (\text{COD influen} \times \text{COD removal})$$

Pers. 2.6
- Menentukan rasio BOD/COD removal berdasarkan Gambar 2.10



Gambar 2.10 Grafik faktor ratio removal BOD/COD

- BOD removal

$$= \text{Efisiensi COD Biofilter Anaerobik} \times \text{BOD/COD removal ratio}$$

Pers. 2.29
 - BOD efluen

$$= \text{BOD}_{\text{influen}} - (\text{BOD}_{\text{influen}} \times \% \text{ BOD removal})$$

Pers. 2.10
 - Menentukan TSS removal

$$\% \text{ Removal} = \frac{\theta H}{a + b \theta H}$$

Pers. 2.11
 - TSS effluent = TSS influen - (TSS influen x TSS removal)

Pers. 2.12
- c) Perhitungan kebutuhan nutrisi

2.3.4 Rotating Biological Contactor

Rotating Biological Contactor atau disingkat RBC merupakan adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan biakan melekat (*attached growth*). RBC sering digunakan untuk

menghilangkan kandungan organik dan ammonia dari dalam air (Said, 2005). Media yang dipakai berupa piringan tipis berbentuk bulat yang dipasang berjajar-jajar dalam suatu poros yang terbuat dari baja, selanjutnya diputar di dalam reaktor khusus dimana didalamnya dialirkan air limbah secara kontinyu.

Media yang digunakan biasanya terdiri dari lembaran plastik dengan diameter 2 – 4 meter, dengan ketebalan 0,8 sampai beberapa millimeter. Jarak antara dua disk yang rata berkisar antara 30 – 40 milimeter, tiap poros yang sudah dipasang media diletakkan di dalam tangki atau bak reaktor RBC menjadi satu modul RBC. Beberapa modul dapat dipasang secara seri atau paralel untuk mendapatkan tingkat kualitas hasil olahan yang diharapkan.

Modul modul tersebut diputar dalam keadaan tercelup sebagian yakni 40% dari diameter disk. Kira-kira 95 % dari seluruh permukaan media secara bergantian tercelup ke dalam air limbah dan berada di atas permukaan air limbah (udara). Mikroorganisme tumbuh pada permukaan media dengan sendirinya dan mengambil zat organik di dalam air limbah dan mengambil oksigen untuk menunjang proses metabolismenya, sehingga kandungan senyawa organik dalam air limbah menjadi berkurang. Senyawa hasil metabolisme mikroorganisme tersebut akan keluar dari biofilm dan terbawa oleh aliran air limbah atau yang berupa gas akan tersebar ke udara melalui rongga-rongga yang ada pada mediumnya, sedangkan padatan tersuspensi (SS) akan tertahan pada permukaan lapisan biologis (biofilm) dan akan terurai menjadi bentuk lain yang larut dalam air limbah.

Pada kondisi yang normal substrat carbon (zat organik) dihilangkan secara efektif pada tahap awal (stage pertama), dan proses nitrifikasi menjadi sempurna setelah tahap kelima. Pada umumnya perencanaan sistem RBC terdiri dari 4 sampai 5 modul (tahap) yang dipasang seri untuk mendapatkan proses nitrifikasi yang sempurna. Kriteria desain yang digunakan pada RBC pada Tabel 2.7

Tabel 2. 7 Kriteria Desain Rotating Biological Contactor

Parameter	Satuan	Tingkat Pengolahan		
		Removal BOD	Removal BOD dan Nitrifikasi	Nitrifikasi Terpisah
Beban hidrolis	$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	0,08 - 0,16	0,03 - 0,08	0,04 - 0,10
Beban organik	$\frac{\text{g}}{\text{sBOD}}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	4 hingga 10	2,5 - 8	0,5 - 1,0
	$\frac{\text{g}}{\text{BOD}}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	8 hingga 20	5 hingga 16	1 hingga 2
Beban organik maksimum untuk tahap awal	$\frac{\text{g}}{\text{sBOD}}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	12 hingga 15	12 hingga 15	
	$\frac{\text{g}}{\text{BOD}}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$	24 hingga 30	24 hingga 30	
Beban NH_3	$\text{g N}/\text{m}^3 \cdot \text{d}$		0,75 - 1,5	
Waktu tinggal hidrolis	jam	0,7 - 1,5	1,5 - 4	1,2 hingga 3
Efluen BOD	mg/L	15 - 30	7 hingga 15	7 hingga 15
Efluen $\text{NH}_4\text{-N}$	mg/L		<2	1 hingga 2

Sumber: Tchobanoglous *et al.*, 2003

Tahapan perhitungan:

- a) Konsentrasi bahan organik terlarut
 - Biodegradable TSS = $65\% \times \text{TSS influent}$
Pers. 2.30
 - BODL dari biodegradable TSS
 $\text{BODL} = \text{biodegradable TSS} \times 1,42$
Pers. 2.31
 - BOD_5 dari BODL biodegradable TSS:
 - $\text{BOD}_5 = 68\% \times \text{BODL}$ Pers. 2.32
 - $\text{SBOD}_5 = \text{TBOD}_5 - \text{BOD}_5$ dari BODL
Pers. 2.33

- b) Perhitungan luas permukaan media
- Organic loading influent = $(\text{COD} + \text{TBOD}_5) \times Q$
Pers. 2.34
 - BOD loading = $\text{TBOD}_5 \times Q_{\text{ave}}$
Pers. 2.35
 - COD loading = $\text{COD} \times Q_{\text{ave}}$ Pers. 2.36
 - $\text{AS} = \text{BOD loading} / \text{Organic loading}$ Pers. 2.37
- c) Penentuan tipe RBC
- Ditentukan berdasarkan luasan media yang dibutuhkan. Berdasarkan brosur produk, akan didapatkan data seperti luasan media maksimum, diameter rotordisk, kapasitas maksimum, kebutuhan power dan ketebalan media.
- d) Perhitungan kebutuhan media
- Kebutuhan shaft = $\text{As} / \text{As produk rotordisk}$
Pers. 2.38
- Jari jari disk media = $0,5 \times \text{diameter}$
- Pers.2.39
 - Jari jari disk tercelup = $40\% \times \text{jari jari disk media}$
Pers. 2.40
 - $\text{As tiap disk (2 sisi)} = 2 \times 0,25 \times 3,14 \times D^2$
Pers. 2.41
 - Jumlah disk yang dibutuhkan (N) = $\text{As produk rotordisk} / \text{As tiap disk}$
Pers. 2.42
 - $\text{As efektif} = 2 \times N \times 3,14 \times r^2$ Pers. 2.43
- Dimana r = jari jari disk tercelup
- e) Perhitungan dimensi RBC
- Ditentukan ketebalan media, jarak antar media, jarak disk terluar dengan bagian panjang dinding bak, jarak antar stage, dan jarak antar media dengan bagian lebar dinding bak.
- Panjang total = $\text{tebal media} + \text{jarak antar media} + \text{jarak stage dengan bak}$ Pers. 2.44
 - Lebar total = $\text{diameter media} + \text{jarak media dengan dinding}$ Pers. 2.45
 - Kedalaman bak RBC
 - Kedalaman RBC = $40\% \text{ dari luasan media yang tercelup}$ Pers. 2.46

- Kedalaman total = ruang untuk lumpur+kedalaman RBC Pers. 2.47
- f) Perhitungan mass balance RBC
- g) Perhitungan rasio F/M
 - $F/M = (Q(S_o - S)) / MLSS \times V$ Pers. 2.48
- h) Perhitungan produksi lumpur

$$M = \frac{f \times h \times K_o \times (S) \times (A_s)}{K_m + S}$$

Pers. 2.49

$$M' = M - K_d (S_o - S)$$

Pers. 2.50

$$Y_{obs} = M' / M$$

Pers. 2.51

$$P_x = Y_{obs} \times Q \times (S_o - S)$$

Pers. 2.52

Dimana:

- M = massa BOD5 *removed* per unit waktu (kg/m³.hari)
- f = koefisien (0,006-0,01 L/mg), tipikal 0,006 L/mg
- h = ketebalan lapisan film (0,1-0,5 cm), tipikal 0,1
- Ko = *maximum removal rate* (0,2-0,5 mg/L.detik), tipikal 0,2 mg/L.detik
- Km = konstanta setengah reaksi (0,1-10 mg/L,) tipikal 10 mg/L
- S = Soluble BOD5 influent (mg/L)
- As = luas permukaan basah sisi disk (m²)
- M = *substrate utilization rate*
- M' = *net growth rate* (kg/m³ hari)
- Kd = koefisien *decay* (0,06 /hari, grady)
- S = substrat *influent* (mg/l)
- Px = kuantitas lumpur yang terbuang (kg/hari)
- i) perhitungan kebutuhan nutrient

2.3.5 Bak Pengendap 2

Bak pengendap 2 merupakan unit yang termasuk ke dalam *secondary treatment*. Unit ini berfungsi untuk sebagai pengendap partikel flokulen. Flokulen merupakan partikel yang mengalami

flokulasi selama proses pengendapan sehingga partikel tersebut mengalami peningkatan ukuran dan kecepatan pengendapan.

Lumpur biomassa adalah flokulan yang akan diendapkan dalam *final settling*. Parameter desain untuk bak pengendap 2 adalah *surface loading rate* (SLR) dan *hydraulic retention time* (HRT).

Tahap perhitungan:

- a) Menentukan dimensi secondary clarifier (SC)
 - Menghitung luas permukaan SC

$$= (Q_{ave} \times X) / SF$$
Pers. 2.53
 - Menentukan diameter

$$= [4A/\pi]^{0.5}$$
Pers. 2.54
 - Cek luas SC

$$= 1/4\pi D^2$$
Pers. 2.55
 - Cek *organic flow rate* (OFR)

$$= Q \text{ tiap unit} / A$$
Pers. 2.56
- b) Cek solid loading

$$= (Q \times X) / A$$
Pers. 2.57
- c) Menghitung kedalaman SC
 - Menghitung kedalaman zona thickening
 - a. Total massa solid dari tiap RBC

$$= X \text{ MLSS} \times \text{vol RBC}$$
Pers. 2.58
 - b. Total massa solid di tiap RBC (TMrbc) = Total massa solid dari tiap RBC
 - c. Kedalaman zona thickening

$$= TMrbc / (X_r \cdot A_s)$$
Pers. 2.59
 - Menghitung kedalaman zona lumpur
 - a. Menghitung massa lumpur

$$= P_x \text{ bio} + \text{lumpur TSS teremoval di pengolahan biologis} + P_x \text{ SS}$$
Pers. 2.60
 - b. Menentukan densitas lumpur
 - Menghitung volume zona lumpur

$$= \text{Massa} / \text{densitas lumpur}$$
Pers. 2.61
 - Menentukan kedalaman zona settling
- d) Kontrol waktu detensi
 - Menentukan volume bak

$$= A_s \times h$$
Pers. 2.62
 - Cek td

$$= \text{volume bak} / Q_{ave}$$
Pers. 2.63

- e) Zona outlet
 - Menentukan panjang weir

$$= \pi \times D$$

Pers. 2.64
 - Menentukan jumlah V-notch

$$= \text{panjang weir total} / \text{jarak antar V notch}$$

Pers. 2.65
- f) Melakukan cek terhadap weir loading

$$= Q / \text{panjang weir}$$

Pers. 2.66

2.3.6 Bak Filtrasi

Filtrasi merupakan proses alami yang terjadi di dalam tanah, dimana air tanah melewati media berbutir yakni tanah, dan terjadilah proses penyaringan. Proses filtrasi dalam pengolahan air limbah bertujuan untuk menghilangkan partikulat yang tersuspensi dan koloid.

Bagian filter yang berperan dalam melakukan penyaringan disebut dengan media filter. Dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, pasir garnet (Masduqi dan Assomadi, 2012) atau karbon aktif (Puspitahati, 2012) dengan variasi ukuran dan bentuk. Karbon aktif, sering juga disebut sebagai arang aktif, merupakan bahan padat berpori hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon, sehingga dari proses pengaktifan (pembakaran) karbon aktif memiliki luas permukaan yang besar.

Karbon aktif memiliki tingkat adsorpsi yang tinggi terhadap zat organik, seperti warna, phenol, detergen, kresol dan bahan toksik yang tidak bisa diuraikan (Awaluddin, 2007). Puspitahati (2012) menyatakan di dalam hasil penelitiannya, bahwa perbandingan tinggi yang efektif antara media filter karbon aktif dengan pasir ialah 1:3.

Tahapan perhitungan:

- a) Perhitungan karbon filter
 - Menentukan luas karbon filter

$$= Q / V_f$$

Pers. 2.67
 - Menentukan diameter reaktor

$$= [4A/\pi]^{0.5}$$

Pers. 2.54
 - Menentukan berat karbon aktif

$$= \text{Konsentrasi N yang ingin dihilangkan} / \text{daya serap karbon}$$

Pers. 2.68

- Menentukan berat total setelah proses penyerapan (m total)
= Berat karbon aktif / persentase daya serap
Pers. 2.69
 - Menghitung volume karbon aktif (V_{ka})
= m total / densitas
Pers. 2.70
 - Menentukan ketinggian karbon aktif
= V_{ka} / A
Pers. 2.71
- b) Perhitungan media pasir
- Menentukan ketinggian filter

2.4 Aksesoris Bangunan Pengolahan Air Limbah

2.4.1 Pipa Ven

Pipa ven adalah pipa untuk mengalirkan gas-gas yang dihasilkan dari pembusukan. *Branch* adalah pipa horizontal dan *Stack* adalah pipa tegak. Pipa ven merupakan bagian penting dari suatu sistem pembuangan. Tujuan pemasangan pipa ven adalah sebagai berikut :

- Menjaga sekat perangkat dari efek sifon atau tekanan
- Menjaga sirkulasi yang lancar dalam pipa pembuangan
- Mensirkulasi udara dalam pipa pembuangan

2.4.2 Desinfeksi

Klorinasi adalah suatu cara mendesinfeksi air atau membunuh kuman di dalam air dengan mempergunakan senyawa klor. Senyawa klor adalah satu desinfektan yang paling banyak digunakan dalam pengolahan air minum dan air buangan. Senyawanya ada yang berbentuk gas, ada juga cair dan adapula yang berbentuk padat. Senyawa klor lebih banyak dipergunakan dibandingkan dengan unsur-unsur kimia lain karena mudah didapat dan murah harganya, serta daya desinfeksi tahan sampai beberapa jam setelah pembubuhan, dapat memecahkan molekul organik. Disamping sebagai desinfektan, klor juga sering digunakan untuk oksidator, mengurangi bau dan rasa dan lain-lain.

Beberapa rumus yang dipergunakan dalam mendesain desinfeksi yaitu :

Tahapan perhitungan:

- a) Menghitung kebutuhan klor
 - Menghitung dosis klor yang dibutuhkan
= nilai BPC Pers. 2.72
 - Menghitung kebutuhan kaporit untuk kapasitas pengolahan
= dosis klor yang dibutuhkan x Q ave Pers. 2.73
 - Menghitung volume kaporit
= kebutuhan kaporit / densitas klor Pers. 2.74
 - Menghitung volume air pelarut
 - Menghitung volume larutan total
= volume kaporit + volume air pelarut Pers. 2.75
- b) Merencanakan bak pelarut kaporit
- c) Merencanakan dimensi bak pelarut kaporit

2.4.3 Pompa

Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan atau memindahkan zat cair dari permukaan yang rendah ke permukaan yang tinggi. Sedangkan pemompaan didefinisikan sebagai penambahan energi untuk memindahkan zat cair dari permukaan yang rendah ke permukaan yang tinggi atau dari tekanan rendah ke tekanan tinggi. Prinsip pemindahan zat cair ini berdasarkan perubahan tekanan kerja yang diberikan oleh pompa tersebut pada zat cair yang dipindahkan. Tekanan kerja yang diberikan oleh pompa akan digunakan untuk:

- Mengatasi kerugian tekanan pada pompa dan sistemnya
- Mengatasi tekanan atmosfer
- Mengatasi tekanan kerja pada tempat yang akan dituju zat cair tersebut.

Berikut adalah beberapa rumus yang dipakai untuk dalam penentuan pompa yang digunakan :

- Perhitungan Head Pompa

$$\text{Head Pompa} = H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}} \quad \text{Pers. 2.76}$$

Dimana :

$$H_{\text{statis}} = \text{selisih muka air tertinggi dan muka air terendah}$$

$$H_{\text{sistem}} = \text{Mayor losses} + \text{Minor losses} + (v^2/2g)$$

- Mayor Losses (H_f)

Mayor Losses adalah kehilangan tekan yang terjadi dalam pipa. Mayor losses dibagi menjadi 2, mayor losses yang terjadi pada pipa hisap (*suction*) dan pada pipa keluar (*discharge*). Rumus Kehilangan tekan yaitu rumus Hazen-Williams sebagai berikut :

$$H_f = \left[\frac{Q}{0,00155 \cdot c \cdot D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \quad \text{Pers. 2.77}$$

Dimana :

H_f = Mayor losses (m)

Q = Debit (liter)

c = Koefisien kecepatan aliran

D = Diameter (cm)

L = Panjang Pipa (m)

- Minor Losses

Minor Losses adalah kehilangan tekan yang disebabkan oleh aksesoris yang digunakan dalam distribusi air. Dalam tugas akhir ini beberapa aksesoris yang digunakan antara lain belokan 90° , gate valve dan pompa. Berikut adalah rumus yang digunakan dalam menentukan minor losses :

$$H_m = n \left[\frac{K \cdot v^2}{2g} \right] \quad \text{Pers. 2.78}$$

Dimana :

H_m = Minor losses (m)

n = jumlah aksesoris

K = Koefisien aksesoris

v = Kecepatan air (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

2.4.4 Pipa Distribusi Antar Bangunan

Dalam Tugas Akhir ini menggunakan pipa untuk mengalirkan air limbah antar bangunan pengolahan air limbah.

Pipa yang digunakan adalah pipa PVC dan dalam menentukan besarnya pipa yang digunakan , dihitung dengan rumus berikut :

$$D = \left[\frac{(4 \times Q)}{\pi \times v} \right]^{1/2} \quad \text{Pers. 2.79}$$

Dimana :

D= Diameter (m)

Q= Debit (m³/s)

v = Kecepatan (m/s)

2.5 Hasil Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Hasil
Ahmad Rahmat Habibi Bilal (2014)	Perbandingan Desain IPAL <i>Fixed-medium System Anaerobic Filter</i> dengan <i>Moved-medium System Aerobic Rotating Biological Contactor</i> untuk pusat pertokoan di Surabaya	Pengolahan air limbah pada salah satu pusat perbelanjaan di Surabaya lebih efektif menggunakan <i>Fixed-medium System</i> karena membutuhkan lahan yang lebih kecil, RAB lebih kecil dan pembiayaan untuk O.M lebih murah.
Abdul Hamid (2014)	Perbandingan Desain IPAL proses <i>Attached Growth</i>	Pengolahan air limbah pada salah satu pusat perbelanjaan

Penulis	Judul	Hasil
	<i>Anaerobic Filter</i> dengan <i>Supended Growth Anaerobic Baffled Reactor</i> untuk pusat pertokoan di Kota Surabaya	di Surabaya lebih efektif menggunakan <i>Attached Growrth Anaerobic Filter</i> karena membutuhkan lahan yang lebih kecil, RAB lebih kecil dan pembiayaan untuk O.M lebih murah.
Siti Marsona (2007)	Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Pandeglang	Efisiensi removal BOD5 oleh <i>rotating biological contactor</i> diperoleh sebesar 68%. Efisiensi removal SBOD5 sebesar 82,4%

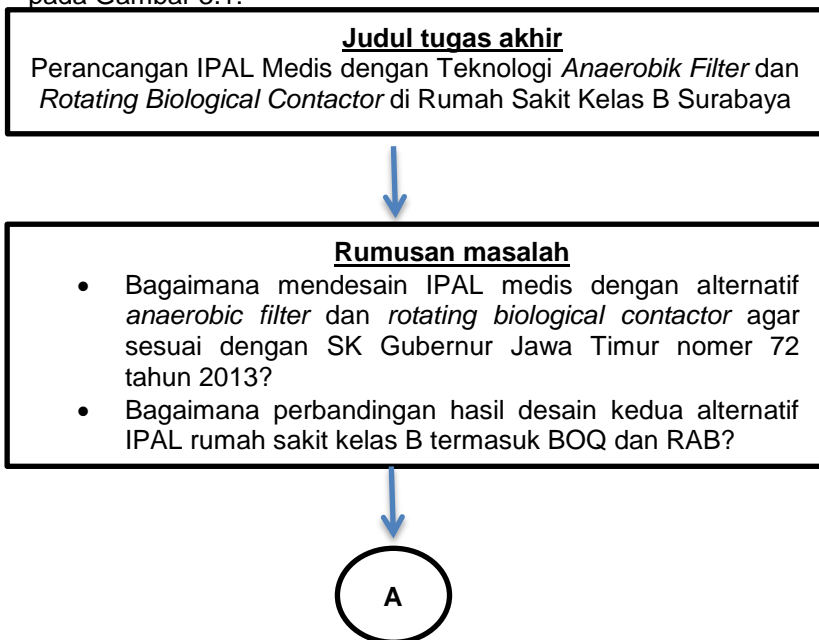
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

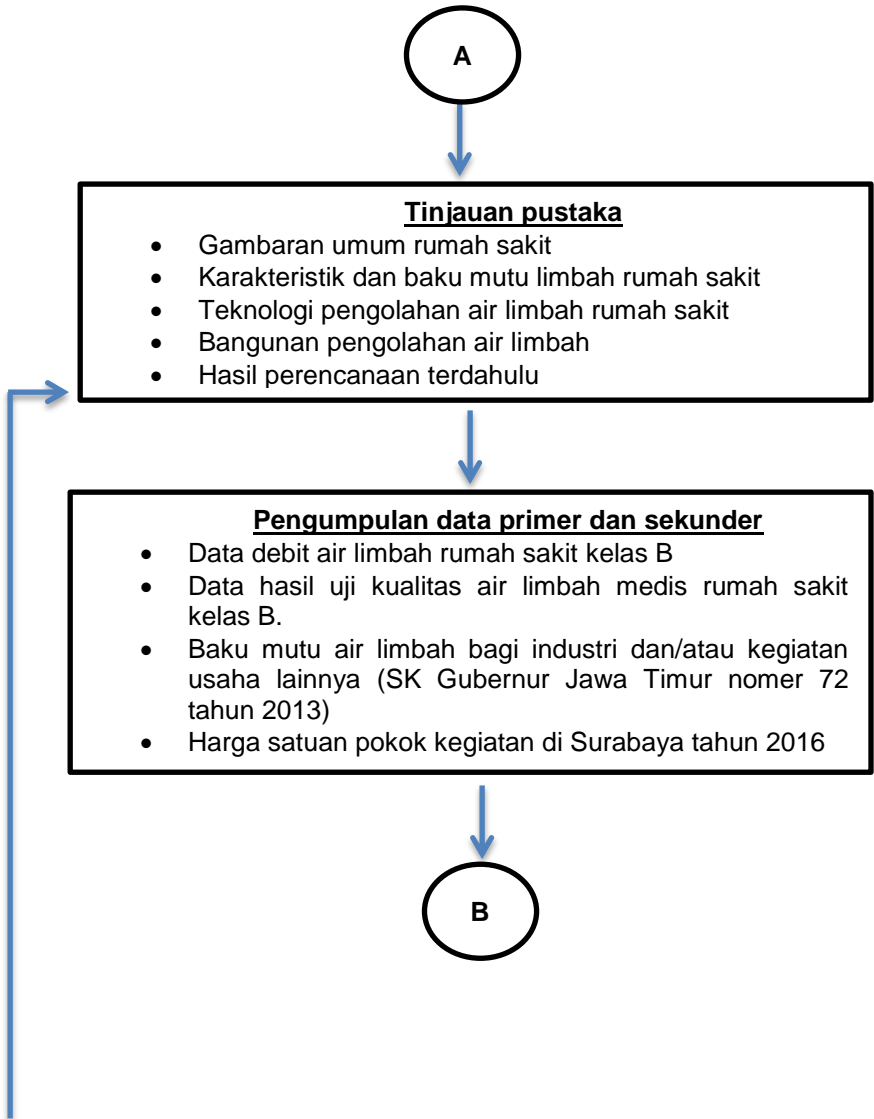
3.1 Umum

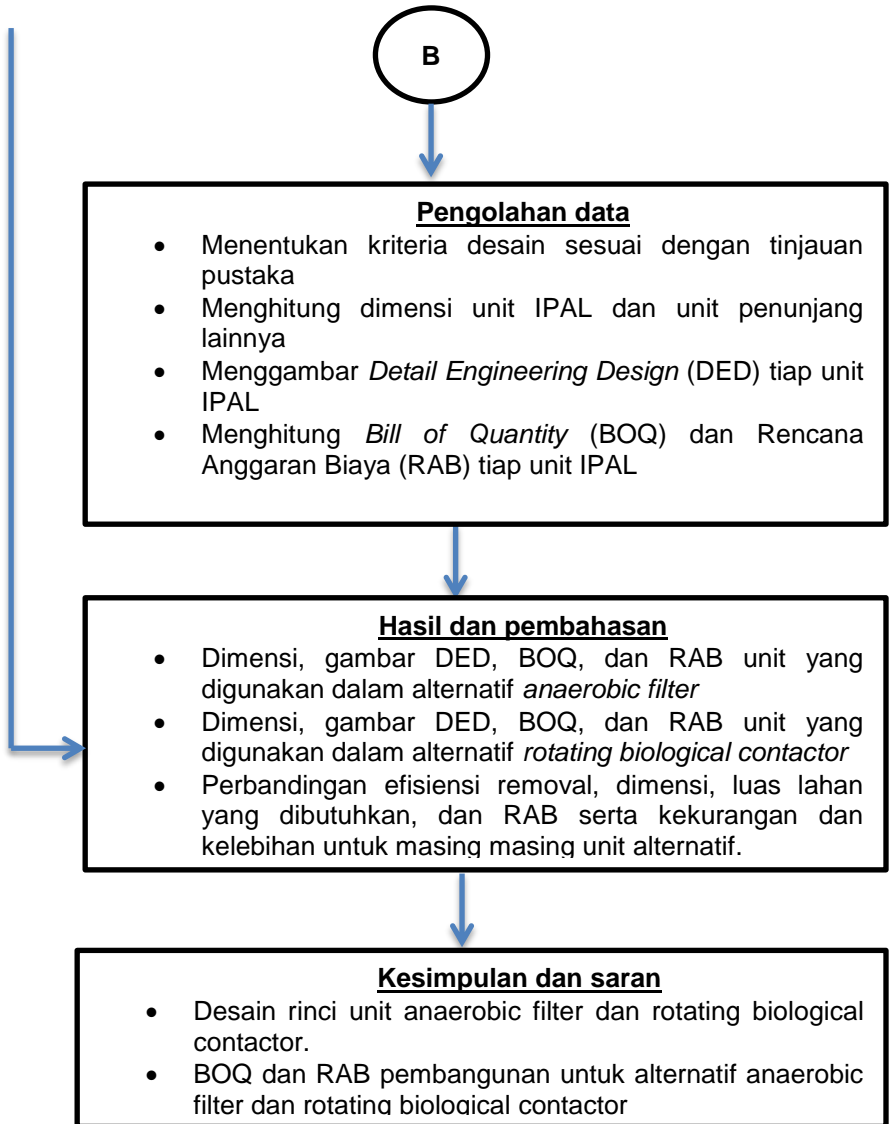
Pada tugas akhir kali ini, diperlukan metode perencanaan yang praktis dan sistematis guna mempermudah proses perencanaan yang dilakukan, dalam hal ini yaitu perencanaan instalasi pengolahan air limbah medis dengan teknologi *anaerobic filter* dan *rotating biological contactor* di rumah sakit kelas B Kota Surabaya. Perencanaan dilakukan dengan melalui tahap beberapa tahapan yaitu proses pengambilan data yang dibutuhkan dan tahap perencanaan IPAL.

3.2 Kerangka Perencanaan

Dalam melaksanakan instalasi pengolahan air limbah medis dengan teknologi *anaerobic filter* dan *rotating biological contactor* di rumah sakit kelas B diperlukan tahapan – tahapan perencanaan yang disusun secara sistematis untuk memudahkan pengerjaan. Tahapan-tahapan perencanaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1:







Gambar 3.1 Tahapan perencanaan

3.2.1 Judul Tugas Akhir

Judul tugas akhir ini adalah Perancangan IPAL Medis dengan Teknologi *Anaerobik Filter* dan *Rotating Biological Contactor* di Rumah Sakit Kelas B Surabaya.

3.2.2 Tinjauan Pustaka

Untuk mendapatkan teori teori pendukung yang relevan dalam proses perencanaan tugas akhir ini dilakukanlah studi literatur. Tahap studi literatur adalah tahapan menambah dan mendalami materi yang diperlukan dalam merencanakan instalasi pengolahan air limbah dengan alternatif *anaerobic filter* dan *rotating biological contactor* untuk membantu dalam mengolah serta menganalisa data. Beberapa teori pendukung yang diperlukan dapat dikategorikan sebagai berikut:

- Gambaran umum rumah sakit
- Karakteristik dan baku mutu limbah rumah sakit
- Teknologi pengolahan air limbah rumah sakit
- Bangunan pengolahan air limbah
- Hasil perencanaan terdahulu

3.2.3 Pengumpulan Data

Merupakan tahap pengumpulan data – data yang diperlukan untuk mendukung perencanaan instalasi pengolahan air limbah, yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Berikut merupakan data primer dan sekunder yang akan digunakan dalam perencanaan kali ini:

- Data debit air limbah di rumah sakit kelas B.
- Data hasil laboratorium untuk analisa air limbah medis rumah sakit kelas B.
- Baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya (SK Gubernur Jawa Timur nomer 72 tahun 2013)
- Harga satuan pokok kegiatan di Surabaya tahun 2016

3.2.4 Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tahap untuk menghitung dan mengolah data – data yang telah dikumpulkan serta perencanaan alternatif desain, kemudian dijadikan sebagai

bahan untuk pembahasan dan perencanaan instalasi pengolahan air limbah. Berikut merupakan tahapan dalam pengolahan data untuk kedua jenis alternatif:

1. Penentuan kriteria desain sesuai dengan tinjauan pustaka
2. Perhitungan dimensi unit IPAL dan unit penunjang lainnya
3. Menggambar *Detail Engineering Design* (DED) tiap unit IPAL
4. Menghitung *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) tiap unit IPAL

3.2.5 Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan merupakan ulasan dari data yang telah diolah sebelumnya. Hasil dan pembahasan dalam tugas akhir meliputi:

- Dimensi, gambar DED, BOQ, dan RAB unit yang digunakan dalam alternatif *anaerobic filter*
- Dimensi, gambar DED, BOQ, dan RAB unit yang digunakan dalam alternatif *rotating biological contactor*
- Perbandingan efisiensi removal, dimensi, luas lahan yang dibutuhkan, dan RAB serta kekurangan dan kelebihan untuk masing masing unit alternatif.

3.2.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dihasilkan setelah proses analisis data dan pembahasan yang dihubungkan dengan literatur beserta tujuan perencanaan. Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan yang direncanakan. Kesimpulan juga dapat menjadi landasan untuk pengambilan saran. Saran diperuntukkan untuk perbaikan jangka kedepan dari hasil penelitian yang didapat. Kesimpulan dari tugas akhir ini meliputi:

- Desain rinci unit *anaerobic filter* dan *rotating biological contactor*.
- BOQ dan RAB pembangunan untuk alternatif anaerobic filter dan rotating biological contactor
- Kekurangan dan kelebihan alternatif anaerobic filter dan rotating biological contactor berdasarkan parameter yang

dibandingkan, yaitu efisiensi removal, dimensi, luas lahan yang dibutuhkan, dan RAB.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan instalasi pengolahan air limbah untuk limbah medis yang berasal dari salah satu rumah sakit kelas B pendidikan yang terdapat di Kota Surabaya dengan menggunakan dua alternatif unit IPAL yaitu *Rotating Biological Contactor* dan *Anaerobic Filter*. Penentuan alternatif ini dititikberatkan pada kemampuan unit filter yang terdapat dalam kedua alternatif dalam mendegradasi kandungan polutan yang terdapat dalam air limbah rumah sakit.

4.1 Penentuan Debit Air Limbah Rumah Sakit

Sebelum melakukan perhitungan dimensi dari masing masing unit pengolahan yang akan digunakan, terlebih dahulu ditentukan debit air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit. Debit air limbah medis rata rata rumah sakit kelas B pendidikan adalah $75 \text{ m}^3/\text{hari}$. Data ini didapatkan dari arsip rumah sakit tersebut. Namun jumlah debit tersebut masih tercampur dari kegiatan administrasi di dua lantai dan satu ruang pertemuan, sehingga diperlukan adanya perhitungan untuk mengetahui seberapa besar debit air limbah medis yang dihasilkan dari rumah sakit tersebut. Rumah sakit kelas B pendidikan.

Diketahui:

Debit total = $75 \text{ m}^3/\text{hari}$

Menurut Soufyan dan Takeo (2005), pemakaian air bersih untuk ruang pertemuan adalah 350 L/hari , sedangkan untuk kegiatan kantor, air bersih yang dipakai adalah 120 L/pegawai . Perhitungan debit limbah medis didapatkan dengan cara mengurangi jumlah limbah campuran (medis dan non medis) dengan limbah yang berasal dari ruang kegiatan administrasi dan ruang pertemuan

Direncanakan:

Jumlah pegawai dalam satu lantai adalah 40 orang

Air bersih yang digunakan per orang adalah 120 L/hari

Jumlah lantai administrasi 2 lantai

Perhitungan:

$$\begin{aligned} Q_{\text{limbah medis}} &= Q_{\text{total}} - (Q_{\text{ruang pertemuan}} + (2 \times (Q_{\text{limbah administrasi}} \times 40 \text{ orang}))) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 75 \text{ m}^3/\text{hari} - (0,35 \text{ m}^3/\text{hari} + (2 \times (0,12 \\
 & = \text{ m}^3/\text{hari} \times 40)) \\
 & = 64,5 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

4.2 Karakteristik Air Limbah Rumah Sakit Kelas B Pendidikan

Pada tugas akhir ini untuk mengetahui karakteristik air limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit, dilakukan dengan cara sampling air limbah medis untuk kemudian dianalisa di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan ITS. Hasil uji laboratorium dapat dilihat dalam Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah Hasil Uji Laboraturium

Parameter	Satuan	Hasil Analisa
Temperatur	°C	25
pH	-	7,55
TSS	mg/L	106
COD	mg/L	108
BOD	mg/L	62
NH3 bebas	mg/L	64,63
Posfat	mg/L	3,34
Total Koliform	MPN/100 mL	12×10^8
Minyak dan lemak	mg/L	14

Sumber: Hasil uji laboratorium Teknik Lingkungan ITS, 2017

Hasil analisa laboratorium tersebut adalah konsentrasi yang didapatkan ketika debit limbah medis sebesar $75 \text{ m}^3/\text{hari}$. Oleh karena itu diperlukan perhitungan lebih lanjut untuk mengetahui konsentrasi dari air limbah pada debit $64.5 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan menggunakan rumus:

$$Q1.C1 = Q2.C2$$

Maka didapatkan hasil:

Tabel 4. 2 Karakteristik Air Limbah Medis

Parameter	Satuan	Hasil Analisa
Temperatur	°C	25
pH	-	7,55

Parameter	Satuan	Hasil Analisa
TSS	mg/L	123,26
COD	mg/L	125,58
BOD	mg/L	72,09
NH3 bebas	mg/L	75,15
Posfat	mg/L	3,88
Total Koliform	MPN/100 mL	12x10 ⁸
Minyak dan lemak	mg/L	14

Sumber: Hasil perhitungan, 2017

Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah yaitu Pergub Jatim no. 72 Tahun 2013 dalam Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Baku Mutu Air Limbah Rumah Sakit

Parameter	Satuan	Baku Mutu
Temperatur	°C	30
pH	-	6 - 9
TSS	mg/L	30
COD	mg/L	80
BOD	mg/L	30
NH3 bebas	mg/L	0,1
Posfat	mg/L	2
Total Koliform	MPN/100 mL	10
Minyak dan lemak	mg/L	-

Sumber: Sumber: SK Gub Jatim No. 72, 2013

Dari perbandingan kedua diatas, dapat diketahui bahwa karakteristik air limbah medis yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit masih memiliki baku mutu yang telah ditentukan, oleh karena itu diperlukan sebuah unit pengolahan terhadap air limbah rumah sakit, agar effluent yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan di sekitarnya.

4.3 Perhitungan Unit Alternatif IPAL

Berikut merupakan perhitungan dimensi dari masing masing unit IPAL medis yang akan digunakan dalam perencanaan kali ini:

4.3.1 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi sangat diperlukan di dalam perencanaan ini karena debit air limbah sangat berfluktuasi dari waktu ke waktu. Aliran air limbah setelah keluar dari bak ekualisasi akan sama baik dari segi beban zat polutan maupun dalam jumlah debit, sehingga nantinya di pengolahan biologis, bakteri biologis yang ada akan terus mendapatkan suplai makanan dalam jumlah yang sama sehingga pengolahan biologis dapat berjalan secara optimal, dan juga untuk menghindari terjadinya *shock loading* yang diakibatkan oleh fluktuasi air limbah rumah sakit.

4.3.1.1 Perhitungan Dimensi Bak Ekualisasi

Penentuan volume bak ini berdasarkan pada data Rumah Sakit Siti Hajar Sidoarjo. Hal ini dikarenakan Rumah Sakit Siti Hajar Sidoarjo satu tipe yaitu tipe B, selain itu tidak adanya data pemakaian air bersih juga mendasari pemilihan Rumah Sakit Siti Hajar Sidoarjo sebagai acuan dalam fluktuasi pemakaian air bersih di rumah sakit kelas B pendidikan ini.

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh pengisian maksimum bak ekualisasi terjadi pada saat jam 6 – 7 dimana nilai kumulatif positif paling besar, yaitu: 11,21%. sedangkan pengosongan maksimum bak ekualisasi terjadi pada jam 14 – 15 dimana nilai kumulatif negatif paling besar -16,89%.

Jumlah prosentase pengisian dan pengosongan maksimum tersebut merupakan kapasitas atau volume bak ekualisasi. Metode analitis perhitungan volume bak ekualisasi dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4. 4 Metode Analitis Perhitungan Volume Bak Ekualisasi

waktu	Debit limbah masuk (m ³ /jam)	Debit limbah rata rata per jam (m ³ /jam)	Selisih	Volume bak ekualisasi
0--1	0,07	2,69	2,62	2,62
1--2	0,4	2,69	2,29	4,91

waktu	Debit limbah masuk (m ³ /jam)	Debit limbah rata rata per jam (m ³ /jam)	Selisih	Volume bak ekualisasi
2--3	0,63	2,69	2,06	6,97
3--4	1	2,69	1,69	8,66
4--5	1,2	2,69	1,49	10,15
5--6	1,63	2,69	1,06	11,21
6--7	3	2,69	-0,31	10,9
7--8	5,67	2,69	-2,98	7,92
8--9	9,8	2,69	-7,11	0,81
9--10	7,75	2,69	-5,06	-4,25
10--11	6,9	2,69	-4,21	-8,46
11--12	6,34	2,69	-3,65	-12,11
12--13	5,2	2,69	-2,51	-14,62
13--14	4,2	2,69	-1,51	-16,13
14--15	3,45	2,69	-0,76	-16,89
15--16	2,05	2,69	0,64	-16,25
16--17	1,8	2,69	0,89	-15,36
17--18	1,35	2,69	1,34	-14,02
18--19	1,05	2,69	1,64	-12,38
19--20	0,4	2,69	2,29	-10,09
20--21	0,21	2,69	2,48	-7,61
21--22	0,14	2,69	2,55	-5,06
22--23	0,1	2,69	2,59	-2,47
23--24	0,07	2,69	2,62	0,15

Keterangan:

Kolom 1: Durasi dalam jam per hari

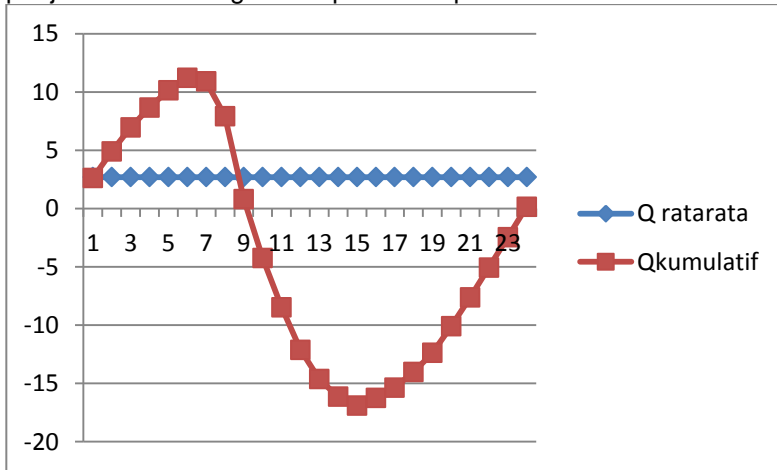
Kolom 2: Persentase pemakaian air pada tiap jam

Kolom 3: Persentase Q pengaliran rata rata pada tiap jam

Kolom 4: Selisih kolom 3 – kolom 2

Kolom 5: Akumulasi kolom 4

Jumlah prosentase pengisian dan pengosongan maksimum tersebut merupakan kapasitas atau volume bak ekualisasi, penjelasan secara grafis dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Perhitungan Bak Ekualisasi

Perhitungan:

$$Q \text{ ave} = 64,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$V \text{ bak ekualisasi} = Q \text{ desain} \times (\% \text{positif terbesar} - \% \text{negatif terbesar})$$

$$= 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (11,21 - (-16,89))$$

$$= 18,12 \text{ m}^3$$

$$\text{kedalaman} = 2 \text{ m}$$

$$V \text{ bak ekualisasi} = A \times h$$

$$18,12 = A \times 2$$

$$A = 8,96 \text{ m}^2$$

$$\text{rasio P:L} = 2:1$$

$$l = (\text{luas}/2)^{0.5}$$

$$= 2,12 \text{ m}$$

$$= 2,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 p &= 2l \\
 &= 5 \text{ m} \\
 fb &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{kedalaman} & \\
 \text{total} &= 2,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan pengecekan terhadap waktu detensi, pengecekan terhadap waktu detensi berguna untuk memastikan apakah selama air limbah menempati bak ekualisasi terjadi pengendapan atau tidak, waktu detensi yang diperbolehkan untuk bak ekualisasi adalah 8 jam.

$$\begin{aligned}
 \text{td cek} &= \text{volume} / Q_{\text{ave}} \\
 &= 18,12 \text{ m}^3 / 64.5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 6,74 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Didapatkan hasil 6,74 jam untuk waktu detensi selama di bak ekualisasi, hasil tersebut tidak melebihi dari kriteria desain yang ditetapkan. Oleh karena itu tidak dibutuhkan agitator (pengaduk) dalam bak ekualisasi.

4.3.1.2 Penentuan Dimensi Pipa Influen

Pipa influen merupakan pipa yang digunakan untuk mengalirkan air limbah dari unit yang menghasilkan limbah medis ke bak ekualisasi.

Direncanakan:

- $Q_{\text{ave}} = 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Faktor peak = 2
- $Q_{\text{peak}} = f_{\text{peak}} \times Q_{\text{ave}} = 2 \times 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} = 1,49 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Kecepatan air melalui pipa (v) = 0,6 m/detik
- Penentuan diameter pipa influen:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{1,49 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{detik}}{0,6 \text{ m/detik}} = 2,49 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (2,49 \times 10^{-3})}{\pi}} = 0,056 \text{ m} = 56 \text{ mm}$$

ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 65 mm

4.3.1.3 Penentuan Pompa

Pompa dari bak ekualisasi digunakan untuk mengalirkan air dari bak ekualisasi menuju tangki septik.

Direncanakan:

- Pompa terdiri dari 2 unit, dimana 1 unit digunakan untuk operasional dan unit yang lain untuk cadangan.
- Pompa yang digunakan adalah jenis pompa sentrifugal

Perhitungan:

1. Pipa suction

- Direncanakan kecepatan air melalui pipa (v) = 1,5 m/detik
- Direncanakan panjang pipa suction = 2,1 m
- Debit = $64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Penentuan diameter pipa suction:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m/detik}} = 4,98 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (1.245 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 50 mm

- Perhitungan kehilangan tekanan mayor ($H_{f_{\text{mayor}}}$) pipa suction dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$\begin{aligned} H_{f_{\text{mayor}}} &= \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}} \\ &= \left[\frac{0.747 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}}}{(0,00155) 5 \text{ cm}^{2.63} (120)} \right]^{1.85} \times 2,1 \text{ m} \\ &= 0,011 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Pipa discharge

- Debit = $64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Direncanakan kecepatan air melalui pipa (v) = 1,5 m/detik
- Direncanakan pipa discharge = 1,2 m
- Penentuan diameter pipa suction:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m/detik}} = 4,98 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (1.245 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 50 mm

- Perhitungan kehilangan tekanan mayor ($H_{f_{\text{mayor}}}$) pipa discharge dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$\begin{aligned} H_{f_{\text{mayor}}} &= \left[\frac{Q}{(0.00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}} \\ &= \left[\frac{0.747 \frac{\text{l}}{\text{detik}}}{(0.00155) 5 \text{ cm}^{2.63} (120)} \right]^{1.85} \times 1,2 \text{ m} \\ &= 0,0062 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Head statis antara pompa dengan muka air bak ekualisasi dengan tangki septik adalah 0,45 m
4. Perhitungan aksesoris (headloss minor)
 - Headloss pada aksesoris pipa dihitung dengan rumus 2.80

$$H_{f \text{ minor}} = k \frac{V^2}{2g} = k \frac{\left(1.5 \frac{\text{m}}{\text{detik}}\right)^2}{2 \times 9.81} = 0,11 \text{ k}$$

Jenis aksesoris:

1 elbow 90° = (k=0,3), $H_f = 4 (0,11 \times 0,3) = 0,132 \text{ m}$

2 check valve = (k=0,5) $H_f = 2 (0,11 \times 0,5) = 0,11 \text{ m}$

1 tee all flange = (k=0,9) $H_f = 1 (0,11 \times 0,9) = 0,099 \text{ m}$

- Total headloss minor
= 0,132 + 0,11 + 0,099 m = 0,341 m
- Total head pompa:
= H mayor + H minor + H statis
= (0,011 + 0,0062) m + 0,341 m + 0,45 = 0,808 m

5. Perhitungan daya pompa

- Efisiensi pompa direncanakan sebesar 70%, maka Whp:

$$\begin{aligned} Whp &= \frac{\rho g Q H}{1000 \times 3600} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,81 \times 2,69 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 0,808 \text{ m}}{1000 \times 3600} \\ &= 0,006 \text{ kW} \end{aligned}$$

- Kebutuhan daya pompa dengan efisiensi pemompaan 70%

$$B_{hp} = W_{hp} / \eta = 0,006 \text{ kW} / 0,7 = 0,008 \text{ kW}$$

6. Spesifikasi pompa yang digunakan adalah:
 Penentuan jenis pompa dilakukan dengan menggunakan grafik head v Q (lampiran B), sehingga diperoleh:
 Jenis pompa = Pompa sentrifugal
 Jumlah = 2 unit
 Tipe = SEG.A15.20.R2.2.1.603

4.3.2 Tangki Septik

Diketahui

Q ave	=	64,5	m ³ /hari	
Lama waktu pengairan	=	10,4	jam	
max Q peak flow/hour	=	Q ave/time of most WW flow		
	=	64,5 m ³ /hari	/ 10,4 jam	
	=	6,20	m ³ /hari	
COD	=	125,58	mg/L	
BOD5	=	72,09	mg/L	
TSS	=	123,26	mg/L	
COD/BOD5	=	1,74		
SS setl / COD ratio	=	0,42		KD (0,35-0,45)
temperature	=	25	°C	

Direncanakan

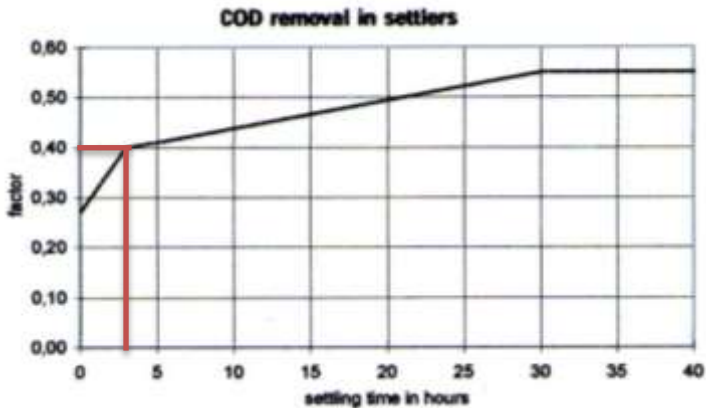
HRT di ST	=	3	jam
Waktu pengurasan	=	36	bulan
Lebar tangki	=	3,5	m
Kedalaman air	=	2	m

4.3.2.1 Kualitas Effluent Tangki Septik

$$\text{COD} = 125,58 \text{ mg/L}$$

Kemudian menentukan COD removal factor berdasarkan HRT yang di rencanakan dengan menggunakan grafik faktor removal COD pada tangki septik, dan didapatkan faktor sebesar 0,4.

grafik faktor removal COD pada tangki septik dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik Faktor Removal COD pada Tangki Septik

Sumber: Sasse, 1998

COD

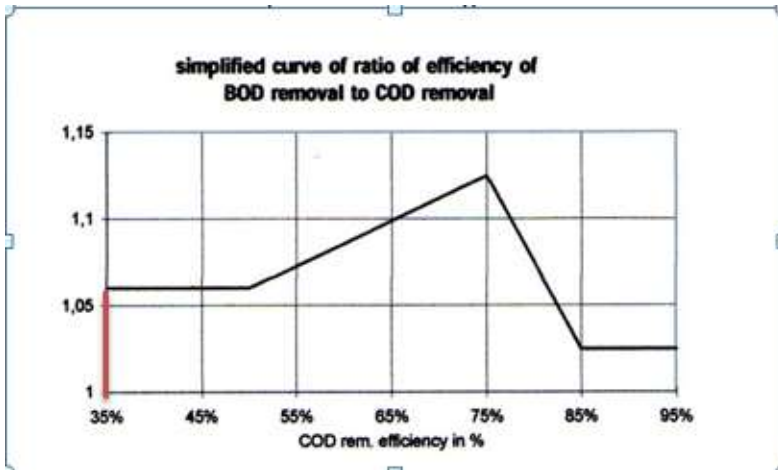
$$\begin{aligned}
 \text{removal} &= (\text{SS setl/COD ratio} / 0,6) \times \text{faktor presentase removal COD} \\
 &= (0,42 / 0,6) \times 0,4 \\
 &= 0,28 \\
 &= 28 \%
 \end{aligned}$$

COD

$$\begin{aligned}
 \text{effluent} &= \text{COD influent} - (\text{COD influent} \times \text{COD removal}) \\
 &= 125,58 \text{ mg/L} - (125,58 \text{ mg/L} \times 28\%) \\
 &= 90,42 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\text{BOD}_5 = 72,09 \text{ mg/L}$$

Kemudian dicari faktor efisiensi rasio BOD berdasarkan persen COD removal yang dapat dilihat pada grafik faktor ratio removal BOD/COD, dan didapatkan faktor sebesar 1,06. grafik faktor ratio removal BOD/COD dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik Faktor Ratio Removal BOD/COD

Sumber: Sasse, 1998

BOD/COD

rem. Factor = 1,06

BOD5 = BOD/COD rem. faktor x

removal = %COD

= 1,06 x 28%

= 0,30

= 30%

BOD

effluent = BOD influent x (BOD influent x BOD removal)

72,09 mg/L - (72,09 mg/L x

= 30%)

= 50,7 mg/L

TSS = 123,26 mg/L

Menurut Tchobanoglous *et al.* (2003), efisiensi removal untuk TSS dapat ditentukan berdasarkan waktu detensi didalam unit tersebut. Berikut merupakan persamaan yang digunakan:

$$\%Removal = \frac{\theta H}{a + b\theta H}$$

Dimana:

θH = waktu detensi td

a = konstanta (BOD= 0,018; TSS= 0,0075)

b = konstanta (BOD= 0,020; TSS= 0,014)

dengan td selama 3 jam, maka didapatkan %removal TSS:

$$\%Removal = \frac{\theta H}{a + b\theta H} = \frac{3 \text{ jam}}{0.0075 + 0.014(3 \text{ jam})} = 60,61\%$$

Maka TSS effluent dari tangki septik adalah:

TSS influent - (TSS influent x TSS

effluent = removal)

$$= 123,26 \text{ mg/L} - (123,26 \text{ mg/L} \times 60,61\%)$$

$$= 48,56 \text{ mg/L}$$

4.3.2.2 Dimensi Tangki Septik

$$\text{HRT} = 3 \text{ jam}$$

$$\text{water volume} = \text{HRT} \times \text{max flow at peak hours}$$

$$= 3 \text{ jam} \times 6,20 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 18,61 \text{ m}^3$$

water + sludge

volume

$$= \text{sludge volume} + \text{water volume}$$

$$= (18,61 + 3,73) \text{ m}^3$$

$$= 22,33 \text{ m}^3$$

settler surface area

$$= \text{water+sludge volume} / \text{water depth}$$

$$= 22,33 \text{ m}^3 / 2 \text{ m}$$

$$= 11,17 \text{ m}^2$$

freeboard volume

$$= \text{settler surface area} \times 0,2 \text{ m}$$

$$= 11,17 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m}$$

$$= 3,35 \text{ m}^3$$

total settler volume

$$= \text{sludge volume} + \text{water volume} + \text{fb volume}$$

$$= 22,33 \text{ m}^3 + 3,35 \text{ m}^3$$

$$= 25,68 \text{ m}^3$$

required first

chamber inner

length

$$= 2/3 \times \text{volume of ST} / (\text{inner width} \times \text{water depth})$$

$$= 2/3 \times 25,68 \text{ m}^3 / (3,5 \text{ m} \times 2 \text{ m})$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,96 \text{ m} \\
 &= 2 \text{ m} \\
 \text{required second chamber inner length} &= \text{required first chamber} / 2 \\
 &= 2 \text{ m} / 2 \\
 &= 1 \text{ m} \\
 \text{inner surface area} &= \text{chosen inner width} \times (\text{first chamber inner length} + \text{second chamber inner length}) \\
 &= 3,5 \text{ m} \times (2 \text{ m} + 1 \text{ m}) \\
 &= 10,5 \text{ m}^2 \\
 \text{total volume} &= \text{inner surface area} \times \text{chosen water level} \\
 &= 10,5 \text{ m}^2 \times 2 \text{ m} \\
 &= 21 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4.3.2.3 Dimensi Pipa Effluent

Alternatif 1 = Unit *anaerobic filter*

Direncanakan:

- Dari tangki septik menuju AF
- Debit = $64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Saluran dibagi menjadi 3 bagian
- Debit = $7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik} / 3 = 2,49 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Direncanakan kecepatan air melalui pipa (v) = $1,5 \text{ m}/\text{detik}$
- Panjang pipa = $6,39 \text{ m}$
- Penentuan diameter pipa influen:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{2,49 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m}/\text{detik}} = 1,66 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (4,15 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0,015 \text{ m} = 15 \text{ mm}$$

Ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 50 mm

- Perhitungan kehilangan tekanan mayor ($H_{f_{\text{mayor}}}$) pada pipa dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$H_{f_{\text{mayor}}} = \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}}$$

$$= \left[\frac{0.747 \frac{l}{\text{detik}}}{(0.00155) 5 \text{ cm}^{2.63} (120)} \right]^{1.85} \times 6,45 \text{ m}$$

$$= 0,034 \text{ m}$$

- Perhitungan aksesoris (headloss minor)
 - Headloss pada aksesoris pipa dihitung dengan rumus

$$H_f \text{ minor} = k \frac{V^2}{2g} = k \frac{\left(1,5 \frac{m}{\text{detik}}\right)^2}{2 \times 9,81} = 0,11 k$$

Jenis aksesoris:

6 Tee all flange = (k=0.9), $H_f = 6(0.11 \times 0.9) = 0.594 \text{ m}$

- Total headloss minor
= 0.594 m
- Total headloss
= $H_{f\text{mayor}} + H_{f\text{minor}}$
= $0.034 \text{ m} + 0.594 \text{ m}$
= 0.627 m

Alternatif 2 = Unit *rotating biological contactor*

Direncanakan:

- Dari tangki septik menuju RBC
- Debit = $64.5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7.47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Direncanakan kecepatan air melalui pipa (v) = 1.5 m/detik
- Panjang pipa = 1.9 m
- Penentuan diameter pipa influen:

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{7.47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1.5 \text{ m/detik}} = 4,98 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (4,98 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0.025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

Ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 50 mm

- Perhitungan kehilangan tekanan mayor ($H_{f\text{mayor}}$) pada pipa dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$H_{f\text{mayor}} = \left[\frac{Q}{(0.00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}}$$

$$= \left[\frac{0.747 \frac{l}{\text{detik}}}{(0.00155) 5 \text{ cm}^{2.63} (120)} \right]^{1.85} \times 1.9 \text{ m}$$

$$= 0.0099 \text{ m}$$

- Perhitungan aksesoris (headloss minor)
 - Headloss pada aksesoris pipa dihitung dengan rumus 2.78

$$Hf \text{ minor} = k \frac{V^2}{2g} = k \frac{\left(1,5 \frac{m}{detik}\right)^2}{2 \times 9,81} = 0,11 k$$

Jenis aksesoris:

1 Tee all flange = (k=0,9), $Hf = (0,11 \times 0,9) = 0,099$ m

- Total headloss minor
= 0,099 m
- Head statis 0,05 m
- Total headloss
= $Hf_{mayor} + Hf_{minor} + H \text{ statis}$
= $0,0099 \text{ m} + 0,099 \text{ m} + 0,05 \text{ m}$
= 0,1589 m

4.3.2.4 Produksi Biogas

Diketahui:

Q in = 64,5 m³/hari
 CODin = 125,58 mg/L
 CODout = 90,42 mg/L
 Mr CH₄ = 64

Direncanakan:

Synthesis yield in anaerob (Y) = 0,03 dan 0,06 g VSS/g COD
 Ratio MLVSS/MLSS = 0,85

Perhitungan Kesetimbangan Massa

Massa in - Massa out + Massa hasil

Akumulasi = konversi

0 = CODin - COD out - CODmetana - CODvss

CODin - COD out = COD metana + CODvss

CODin = Q x CODin
 = 64,5 m³/hari x 125,58 mg/hari
 = 8.099,91 g/hari

CODout = Q x CODout
 = 64,5 m³/hari x 90,42 mg/hari

$$\begin{aligned}
 &= 5.832,09 \text{ g/hari} \\
 \text{CODvss} &= 1,42 \times Y \times (\text{CODin} - \text{CODout}) \\
 &= 1,42 \times 0,06 \times (8.099,91 - 5.832,09) \text{ mg/L} \\
 &= 193,22 \text{ g/hari} \\
 \text{CODmetana} &= \text{CODin} - \text{CODout} - \text{CODvss} \\
 &= (8.099,91 - 5.832,09 - 193,22) \text{ g/hari} \\
 &= 2.074,60 \text{ g/hari}
 \end{aligned}$$

Produksi Biogas

$$\begin{aligned}
 \text{CODmetana} &= 2.074,60 \text{ g/hari} \\
 T &= 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 &= 298,15 \text{ K} \\
 \text{Konstanta} &0,082057 \\
 \text{gas (R)} &= \text{atm.L/mol.K} \\
 \text{Mol gas (n)} &= 1 \text{ mol} \\
 \text{Tekanan gas} &= 1 \text{ atm} \\
 \\
 \text{Volume gas} & \\
 (\text{Vgas}) &= n \times R \times T / P \\
 &= 1 \times 0,082057 \times 298,15 / 1 \\
 &= 24,47 \text{ L/mol} \\
 \text{Produksi CH}_4 &= (\text{Vgas} / 64) \times \text{CODmetana} \\
 &= (24,47 / 64) \times 2.074,60 \\
 &= 793,06 \text{ L/hari} \\
 &= 0,79 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

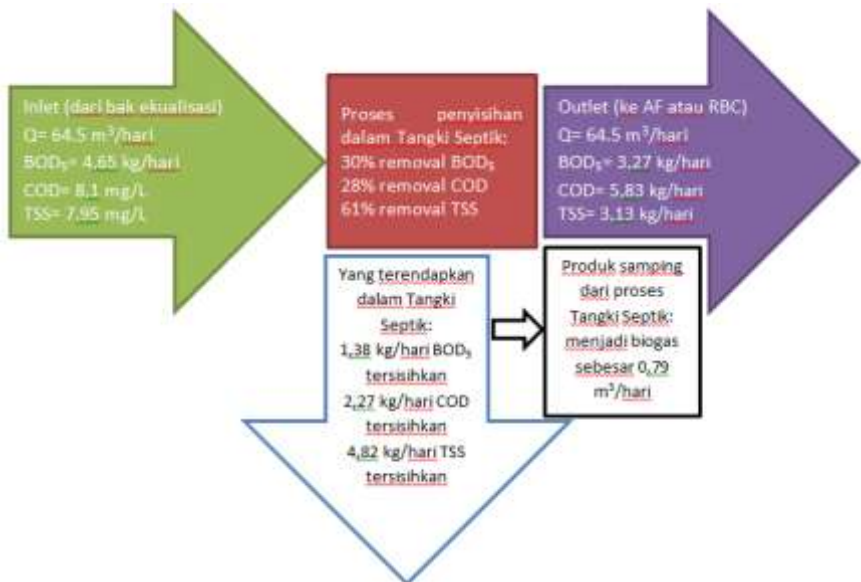
Produksi lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{CODvss} &= 193,22 \text{ g/hari} \\
 \text{CODtss} &= \text{CODvss} / \text{ratio MLVSS/MLSS} \\
 &= 193,22 / 0,85 \\
 &= 227,32 \text{ g/hari} \\
 &= 0,23 \text{ kg/hari} \\
 \text{Ssi} &= 1,025 \\
 \text{pair} &= 1.000 \text{ kg/m}^3 \\
 \% \text{solid} &= 5\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit lumpur (Qsludge)} &= \text{COD}_{\text{tss}} / (\text{Ssi} \times \text{pair} \times \% \text{solid}) \\
 &= 0,23 / (1,025 \times 1.000 \times 0.05) \\
 &= 0,004435 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

4.3.2.5 Mass Balance Tangki Septik

Mass balance merupakan urutan yang menjelaskan kemampuan suatu unit dalam mendegradasi kandungan polutan serta memberikan rincian singkat dari proses pengolahan yang terjadi. Mass balance untuk unit tangki septik dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Mass Balance Tangki Septik

4.3.3 Anaerobic Filter (AF)

Diketahui:

Qave	=	64,5	m ³ /hari	
time of most WW flow	=	10,4	jam	
BOD input	=	50,70	mg/L	0.051 kg/m ³
COD input	=	90,42	mg/L	0.090 kg/m ³

COD/BOD	=	1,78	
TSS input	=	48,56 mg/L	0.049 kg/m ³
SS setl / COD ratio	=	0,42	KD (0,35-0,45)
Temperatur	=	25 °C	
spesific surface of filter medium	=	98 m ² /m ³	biasanya 80-120
Direncanakan:			
Voids in filter mass	=	45 %	biasanya 30-45 %
Tinggi tangki filter	=	2 m	
Panjang tangki filter	=	2 m	(≤ depth of filter tank)
Lebar tangki filter	=	3,5 m	(≤ 3,5 m per series)
Jumlah ruangan	=	4	

4.3.3.1 Dimensi *Anaerobic Filter*

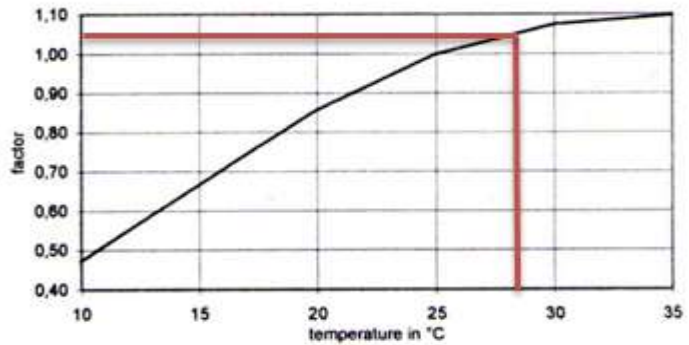
BOD input	=	50,69 mg/L = 0,0506 kg/m ³
COD input	=	90,42 mg/L = 0,0904 kg/m ³
TSS input	=	49,30mg/L = 0,0493 kg/m ³
Debit max per jam	=	Qave / waktu aliran air limbah
	=	64,5 m ³ /hari / 10.4 jam
	=	6,20 m ³ /jam
Tinggi media	=	tinggi filter tank - fb bawah - fb atas - tebal filter plate
	=	(2 – 0,6 – 0,4 – 0,05) m
	=	0,95 m
	=	((tinggi filter tank - tinggi media x (1-voids in filter mass)) x panjang per ruangan x lebar filter tank x jumlah ruangan) /
HRT AF	=	(Qave / 24)
	=	((2 m – 0,95 m x (1-0,45)) x 2 m x 3,5 m x
	=	4) / (64,5 m ³ /24)

$$\begin{aligned}
 &= 15,39 \text{ jam (OK)(KD 15-20 jam)} \\
 &\text{debit maks per jam / (lebar filter tank x} \\
 &\text{panjang per ruangan x voids in filter} \\
 \text{Vup maksimal} &= \text{mass)} \\
 &= 6,20 \text{ m}^3/\text{jam} / (2\text{m} \times 2\text{m} \times 45\%) \\
 &= 1,97 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &\text{panjang ruangan x lebar filter tank x} \\
 &\text{jumlah ruangan x} \\
 &\text{tinggi filter tank - tinggi media x (1-voids in} \\
 \text{Volume filter tank} &= \text{filter mass)} \\
 &= 2\text{m} \times 3,5\text{m} \times 4 \times 2\text{m} - 0,95\text{m} \times (1- \\
 &= 0,45) \\
 &= 55,34 \text{ m}^3 \\
 \text{Organic COD} &= \text{Qave x COD in / volume filter tank / 1000} \\
 \text{load on AF} &= \text{g/kg} \\
 &= 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 90,42 \text{ mg/L} / 55,34 \text{ m}^3 / \\
 &= 1000 \text{ g/kg} \\
 &= 0,105 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{day}
 \end{aligned}$$

4.3.3.2 Kualitas Effluent *Anaerobic Filter*

Untuk menentukan efisiensi removal COD dalam anaerobik filter, terlebih dahulu menentukan beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya efisiensi removal COD, faktor yang berpengaruh tersebut terdiri dari faktor temperatur, faktor strength, faktor permukaan filter, dan faktor berdasarkan HRT dalam anaerobik filter. Faktor faktor tersebut didapatkan dari nilai yang telah ditentukan maupun dari hasil perhitungan untuk kemudian diplotkan ke dalam grafik dalam Gambar 4.5 hingga 4.8. Berikut hasil yang didapatkan

- a. faktor temperatur
temperatur = 28°C

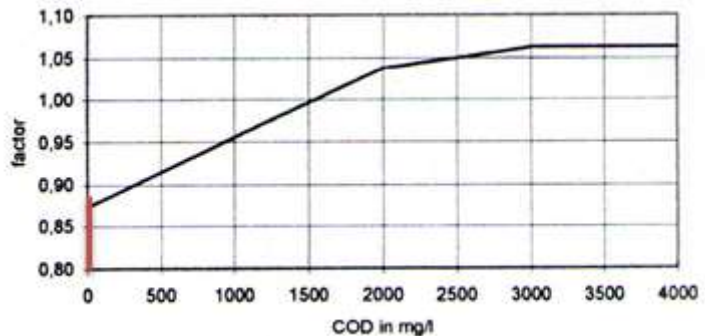


Gambar 4.5 Grafik Faktor Temperatur

Sumber: Sasse, 1998

Didapatkan faktor temperatur = 1,05

- b. faktor strength
COD influen = 90,42 mg/L

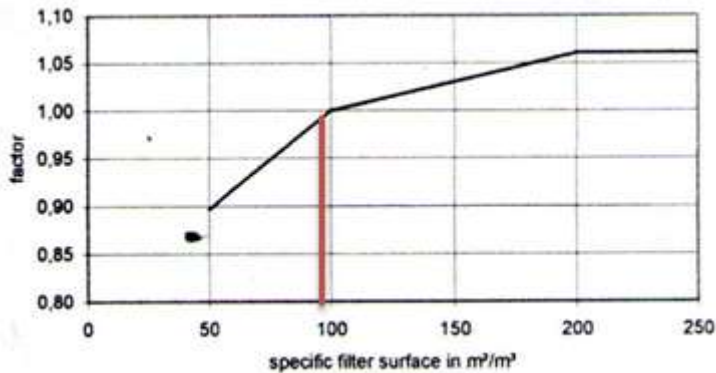


Gambar 4.6 Grafik Faktor Strength

Sumber: Sasse, 1998

Didapatkan faktor strength = 0,88

- c. faktor permukaan filter
specific surface filter = 98 m²/m³

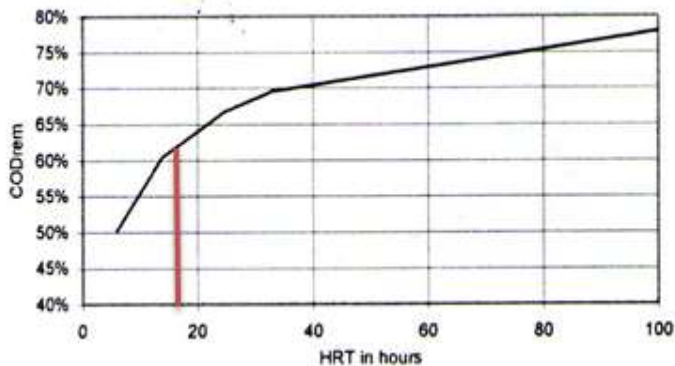


Gambar 4.7 Grafik Permukaan Filter

Sumber: Sasse, 1998

Didapatkan faktor permukaan filter = 0,996

d. faktor berdasarkan HRT AF



Gambar 4.8 Grafik Faktor Waktu Tinggal

Sumber: Sasse, 1998

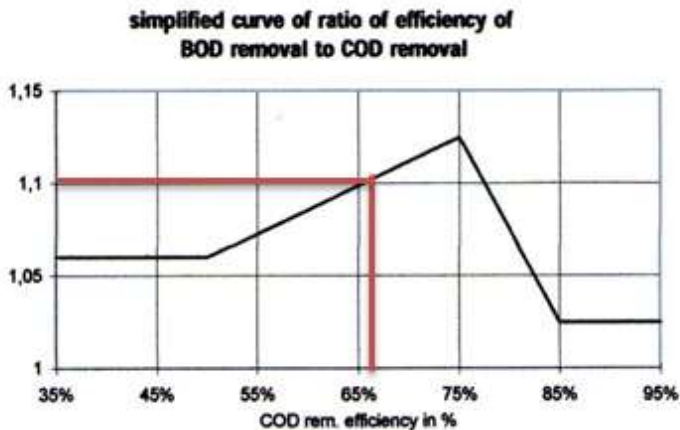
Didapatkan faktor waktu tinggal = 62%

Kemudian menentukan laju efisiensi removal COD dan COD effluent menggunakan rumus

$$\begin{aligned}
 \text{COD removal} &= f.\text{temp} \times f.\text{strength} \times f.\text{perm} \times f.\text{HRT} \times (1 + (\text{jumlah filter} \times 0,04)) \\
 &= 1,05 \times 0,88 \times 0,996 \times 0,62 \times (1 + (4 \times 0,04)) \\
 &= 0,66
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD effluent} &= \text{COD influent} - (\text{COD influent} \times \text{COD removal}) \\
 &= 90,42 \text{ mg/L} - (90,42 \text{ mg/L} \times 66\%) \\
 &= 30,86 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Kemudian dicari faktor efisiensi rasio BOD berdasarkan persen COD removal AF untuk kemudian diplotkan pada grafik faktor ratio removal BOD/COD, dan didapatkan faktor sebesar 1.10. grafik faktor ratio removal BOD/COD dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Grafik Faktor Removal BOD/COD

Sumber: Sasse, 1998

$$\begin{aligned}
 \text{BOD removal} &= \text{CODrem} \times \text{factor} \\
 &= 0,66 \times 1,10 \\
 &= 0,73
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BOD effluent} &= \text{BOD influent} - (\text{BOD influent} \times \text{BOD removal}) \\
 &= 50,7 \text{ mg/L} - (50,7 \text{ mg/L} \times 73\%) \\
 &= 13,92 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Menurut Tchobanoglous *et al.* (2003), efisiensi removal untuk TSS dapat ditentukan berdasarkan waktu detensi didalam unit tersebut. Berikut merupakan persamaan yang digunakan:

$$\%Removal = \frac{\theta H}{a + b\theta H}$$

Dimana:

θH = waktu detensi td

a = konstanta (BOD= 0,018; TSS= 0,0075)

b = konstanta (BOD= 0,020; TSS= 0,014)

dengan td selama 15 jam, maka didapatkan %removal TSS:

$$\%Removal = \frac{\theta H}{a + b\theta H} = \frac{15 \text{ jam}}{0.0075 + 0.014(15 \text{ jam})} = 68,97\%$$

Maka TSS effluent dari tangki septik adalah:

TSS effluent = TSS influent - (TSS influent x TSS

removal)

$$= 48,56 \text{ mg/L} - (48,56 \text{ mg/L} \times 68,97\%)$$

$$= 15,05 \text{ mg/L}$$

4.3.3.3 Produksi Biogas

Diketahui:

$$Q \text{ in} = 64,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{CODin} = 90,42 \text{ mg/L}$$

$$\text{CODout} = 30,86 \text{ mg/L}$$

$$\text{Mr CH}_4 = 64$$

Direncanakan:

$$\text{Synthesis yield in anaerob (Y)} = 0,03 \text{ dan } 0,06 \text{ g VSS/g COD}$$

$$\text{Ratio MLVSS/MLSS} = 0,85$$

Perhitungan Kestimbangan Massa

$$\text{Massa in} - \text{Massa out} + \text{Massa hasil}$$

$$\text{Akumulasi} = \text{konversi}$$

$$0 = \text{CODin} - \text{COD out} - \text{CODmetana} - \text{CODvss}$$

$$\text{CODin} - \text{COD out} = \text{COD metana} + \text{CODvss}$$

$$\text{CODin} = Q \times \text{CODin}$$

$$= 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 90,42 \text{ mg/hari}$$

$$= 5.832,09 \text{ g/hari}$$

$$\text{CODout} = Q \times \text{CODout}$$

$$= 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30,86 \text{ mg/hari}$$

$$= 1.990,47 \text{ g/hari}$$

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{\text{vss}} &= 1,42 \times Y \times (\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}) \\
 &= 1,42 \times 0,06 \times (5.832,09 - 1.990,47) \text{ mg/L} \\
 &= 327,31 \text{ g/hari} \\
 \text{COD}_{\text{metana}} &= \text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}} - \text{COD}_{\text{vss}} \\
 &= (5.832,09 - 1.990,47 - 327,31) \text{ g/hari} \\
 &= 3.514,31 \text{ g/hari}
 \end{aligned}$$

Produksi Biogas

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{\text{metana}} &= 3.514,31 \text{ g/hari} \\
 T &= 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \\
 &= 298,15 \text{ K} \\
 \text{Konstanta} &0,082057 \\
 \text{gas (R)} &= \text{atm.L/mol.K} \\
 \text{Mol gas (n)} &= 1 \text{ mol} \\
 \text{Tekanan gas} &= 1 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume gas} & \\
 (\text{V}_{\text{gas}}) &= n \times R \times T / P \\
 &= 1 \times 0,082057 \times 298,15 / 1 \\
 &= 24,47 \text{ L/mol} \\
 \text{Produksi CH}_4 &= (\text{V}_{\text{gas}} / 64) \times \text{COD}_{\text{metana}} \\
 &= (24,47 / 64) \times 3.514,31 \\
 &= 1.343,42 \text{ L/hari} \\
 &= 1,34 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

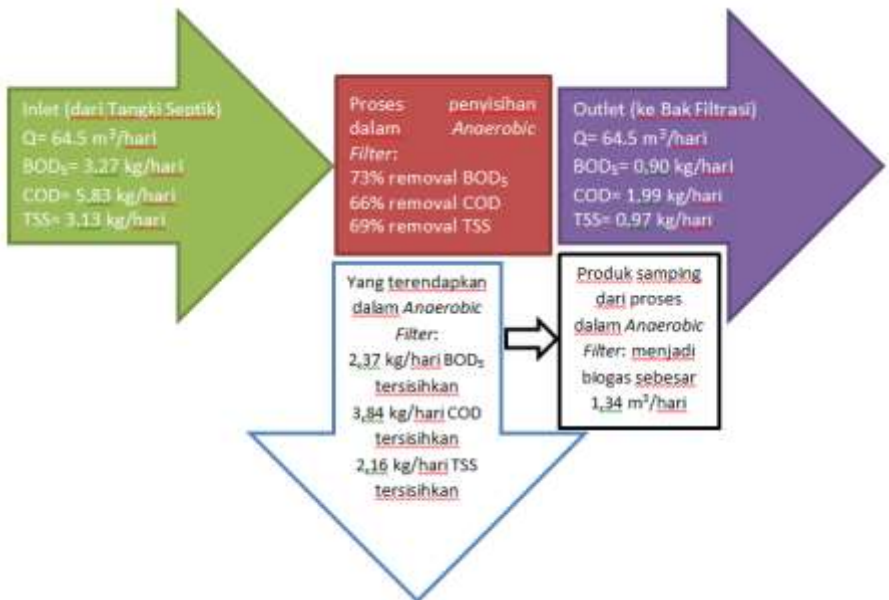
Produksi lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{COD}_{\text{vss}} &= 327,31 \text{ g/hari} \\
 \text{COD}_{\text{tss}} &= \text{COD}_{\text{vss}} / \text{ratio MLVSS/MLSS} \\
 &= 327,31 / 0,85 \\
 &= 385,07 \text{ g/hari} \\
 &= 0,39 \text{ kg/hari} \\
 \text{Ssi} &= 1,025 \\
 \rho_{\text{air}} &= 1.000 \text{ kg/m}^3 \\
 \% \text{solid} &= 5\% \\
 \text{Debit lumpur (Q}_{\text{sludge}}) &= \text{COD}_{\text{tss}} / (\text{Ssi} \times \rho_{\text{air}} \times \% \text{solid}) \\
 &= 0,39 / (1,025 \times 1.000 \times 0,05)
 \end{aligned}$$

$$= 0,0075135 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4.3.4.4 Mass Balance Anaerobic Filter

Mass balance merupakan urutan yang menjelaskan kemampuan suatu unit dalam mendegradasi kandungan polutan serta memberikan rincian singkat dari proses pengolahan yang terjadi. Mass balance untuk unit anaerobic filter dapat dilihat pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Mass Balance AF

Produksi lumpur:

- Dari tangki septik = $0,00443 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Dari *anaerobic filter* = $0,00751 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Jumlah lumpur tangki septik + *anaerobic filter* = $0,01194 \text{ m}^3/\text{hari}$

Pengurasan dilakukan setiap 24 bulan sekali sehingga didapatkan volume lumpur yang dihasilkan per 24 bulan adalah:

$$= \text{Jumlah lumpur tangki septik} + \text{anaerobic filter} \times 365 \text{ hari} \times 2$$

$$= 0,01194 \text{ m}^3/\text{hari} \times 365 \text{ hari} \times 2$$

$$= 8,716 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Lumpur yang dihasilkan kemudian ditampung dalam bak penampung lumpur untuk kemudian diangkut oleh pihak ketiga yang berwenang dalam menangani limbah rumah sakit.

4.3.3.5 Kebutuhan Nutrient

Kebutuhan nutrient adalah jumlah kandungan organik yang terdapat dalam air limbah yang digunakan untuk mendukung proses degradasi kandungan polutan dalam air limbah dalam proses pengolahan biologis. Kebutuhan nutrient dilihat dari kandungan C, N, dan P. Nilai C didapatkan dari konsentrasi BOD dalam air limbah. Kebutuhan nutrient perlu diketahui guna melihat apakah konsentrasi C, N, dan P berlebih, kurang atau sesuai dengan kebutuhan. Kebutuhan nutrient ini juga berpengaruh terhadap kerja mikroorganisme dalam proses pengolahan biologis. Berikut merupakan perhitungan kebutuhan nutrient dalam unit anaerobik filter:

Direncanakan:

Q ave	=	64,5	m ³ /hari	
Y	=	0,6	mg vss/mg BOD	KD (0,4-0,8)
Kd	=	0,08	day	KD (0,06-0,2)
Ratio MLVSS/ML SS	=	0,85		KD (0,8-0,9)
MLSS	=	3000	mg/L	Kd (1000-3000)
	=	3	kg/m ³	
OLR	=	< 4,5	kg BOD/m ³ .hari	
SRT	=	30	hari	
So [BOD]	=	50,70	mg/L	
	=	0,051	kg/m ³	
Se [BOD]	=	13,92	mg/L	
	=	0,014	kg/m ³	
NH3 bebas	=	75,15	mg/l	
	=	0,075	kg/m ³	

$$\begin{aligned}
 S_{So} \text{ [TSS]} &= 48,56 \text{ mg/L} \\
 &= 0,049 \text{ kg/m}^3 \\
 S_{Se} \text{ [TSS]} &= 15,05 \text{ mg/L} \\
 &= 0,015 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Posfat} &= 3,88 \text{ mg/L} \\
 &= 0,004 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 Y_{obs} &= \frac{Y}{(1 + K_d \cdot \text{SRT})} \\
 &= \frac{0,6 \text{ mg vss/mg BOD}}{(1 + (0,08 \text{ vss/g vss day} \times 30 \text{ hari}))} \\
 &= \frac{\text{Kg vss/}}{\text{kg BOD}} \\
 &= 0,019 \\
 P_x \text{ bio (Px MLVSS)} &= Y_{obs} \times Q_{ave} \times (S_o - S_e) \\
 &= 0,019 \text{ kg VSS/Kg BOD} \times 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (0,050 - 0,014) \text{ kg/m}^3 \\
 &= 0,046 \text{ kg/hari} \\
 V_{bangunan} &= 55,34 \text{ m}^3 \\
 \text{Cek OLR} &= \frac{(Q_{ave} \times [\text{BOD}_{in}])}{V_{bangunan}} \\
 &= \frac{(64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,050 \text{ kg/m}^3)}{55,34 \text{ m}^3} \\
 &= 0,059 \text{ Kg BOD/m}^3 \text{ day (memenuhi)} \\
 \text{TSS Removed} &= (S_{So} - S_{Se}) \times Q_{bangunan} \\
 &= (0,049 \text{ kg/m}^3 - 0,015 \text{ kg/m}^3) \times 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 2,161 \text{ kg/hari} \\
 P_x \text{ TSS (Px MLSS)} &= \frac{(X_{TSS} \times V_{bangunan})}{\text{SRT}} \\
 &= \frac{(3 \text{ kg/m}^3 \times 55,34 \text{ m}^3)}{30 \text{ hari}} \\
 &= 5,534 \text{ kg/hari} \\
 P_x \text{ SS (sludge yg dibuang)} &= P_x \text{ TSS} + \text{TSS removed} \\
 &= 5,53 \text{ kg/hari} + 2,16 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$= 7,69 \text{ kg/hari}$$

Kontrol F/M

$$\text{MLVSS} = \text{Ratio MLVSS/MLSS} \times \text{MLSS}$$

$$= 0,85 \times 3000 \text{ mg/L}$$

$$= 2.550 \text{ mg/L}$$

$$= 2,55 \text{ Kg/m}^3$$

Cek F/M

$$= \frac{(Q_{\text{ave}} \times S_0 [\text{BOD}])}{(V_{\text{bangunan}} \times \text{MLVSS})}$$

$$= \frac{(64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,051 \text{ kg/m}^3)}{(55,34 \text{ m}^3 \times 2,55 \text{ kg/m}^3)}$$

$$= 0,017 \text{ Kg BOD/ Kg MLVSS day}$$

Kebutuhan nutrien

$$\text{Nitrogen} = \text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$$

$$= 113$$

$$\text{Kebutuhan N} = ((\text{Ar N}/\text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}) \times P_{\text{Px bio}})$$

$$= 12\% \times 0,046 \text{ Kg/hari}$$

$$= 0,005 \text{ Kg/hari}$$

N input [No]

$$= Q_{\text{ave}} \times [\text{No}]$$

$$= 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,075 \text{ kg/m}^3$$

$$= 4,85 \text{ Kg/hari}$$

Sisa N

$$= \text{N input [No]} - \text{Kebutuhan N}$$

$$= 4,85 \text{ kg/hari} - 0,005 \text{ kg/hari}$$

$$= 4,84 \text{ Kg/hari}$$

Sisa

Konsentrasi N ef

$$= \text{N}/Q$$

$$= (4,84 \text{ kg/hari} / 64,5 \text{ m}^3/\text{hari})$$

$$= 0,07 \text{ kg/m}^3$$

$$= 75,07 \text{ mg/L}$$

Phospat

$$C:N:P = 250:5:1$$

$$\begin{aligned}\text{Kebutuhan P} &= 1/5 \times 12\% \times P_{\text{xbio}} \\ &= 1/5 \times 12\% \times 0,046 \text{ kg/hari} \\ &= 0,001 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sisa P} &= [P_o] \times Q_{\text{ave}} - \text{Kebutuhan P} \\ &= (0,004 \text{ kg/m}^3 \times 64,5 \text{ m}^3/\text{hari}) - 0,004 \\ &= \text{kg/hari} \\ &= 0,249 \text{ Kg/hari}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi P ef} &= \text{Sisa P}/Q_{\text{ave}} \\ &= 0,249 \text{ kg/hari} / 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,0039 \text{ kg/m}^3 \\ &= 3,87 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

4.3.4 Rotating Biological Contactor (RBC)

RBC adalah salah satu pengolahan biologis dengan sistem *attached growth* dan menggunakan disk sebagai tempat tumbuh mikroorganisme.

Kriteria desain

Organik loading	=	Kurva Rotodisk
HRT	=	0,7 – 1,5 jam
effluent BOD	=	< 30 mg/L
Rotasi media	=	1 - 3 rpm

Diketahui:

Qave	=	64,5 m ³ /hari
TBOD5	=	50,7 mg/L
	=	0,05 kg/m ³
COD	=	90,42 mg/L
	=	0,09 kg/m ³
TSS	=	48,56 mg/L

$$\begin{aligned}
 &= 0,05 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{NH}_3 &= 75,15 \text{ mg/L} \\
 &= 0,075 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Posfat} &= 3,88 \text{ mg/l} \\
 &= 0,004 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Rasio BOD}_5/\text{COD untuk limbah rumah sakit} &= 0,5 \text{ (Tchobanoglous } et al., 2003) \\
 \text{TSS mengandung 65\% bahan organik biodegradable (Benefield } & \\
 et al., 1982) & \\
 \text{BOD}_5 &= 68\% \text{ BOD L} \\
 \text{Kd} &= 0,06
 \end{aligned}$$

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 \text{TBOD}_5 \text{ effluent} &= <30 \text{ mg/l} \\
 \text{td} &= 1,5 \text{ jam} \\
 \text{h RBC} &= 40 \% \text{ dari luas media}
 \end{aligned}$$

4.3.4.1 Konsentrasi Bahan Organik Terlarut (SBOD₅)

Perhitungan konsentrasi bahan organik terlarut atau SBOD₅ pada TBOD₅ dan TSS influen diperlukan, karena RBC mengolah sebagian besar bahan organi terlarut sedangkan bahan inert akan diendapkan pada bak pengendap 2.

Selain itu kandungan BOD₅ dari hasil analisis laboratorium akan menggambarkan BOD₅ secara keseluruhan, baik yang berasal dari bahan organik terlarut maupun bahan organik tidak terlarut, dalam bentuk suspensi. Bahan organik suspense ini termasuk dalam kategori TSS. Sehingga perlu dilakukan perhitungan untuk memprediksikan kandungan SBOD₅ karena parameter ini yang menentukan pengolahan biologis.

Biodegradable

$$\begin{aligned}
 \text{TSS} &= 65\% \times \text{TSS influent} \\
 &= 65\% \times 48,56 \text{ mg/L} \\
 &= 31,56 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

BODL dari biodegradable TSS:

$$\text{BODL} = \text{biodegradable TSS} \times 1,42 \text{ mg O}_2/\text{mg sel}$$

$$\begin{aligned}
 &= 31,56 \text{ mg/L} \times 1,42 \text{ mg O}_2/\text{mg sel} \\
 &= 44,82 \text{ mg/L} \\
 \text{BOD}_5 \text{ dari BODL biodegradable TSS:} \\
 \text{BOD}_5 &= 68\% \times \text{BODL} \\
 &= 68\% \times 44,82 \text{ mg/L} \\
 &= 30,48 \text{ mg/L} \\
 \text{SBOD}_5 &= \text{TBOD}_5 - \text{BOD}_5 \text{ dari BODL biodegradable TSS} \\
 &= 50,70 \text{ mg/L} - 30,48 \text{ mg/L} \\
 &= 20,22 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

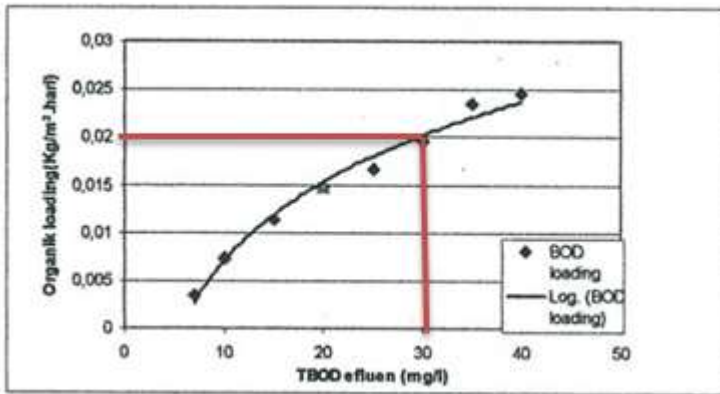
4.3.4.2 Penentuan Luas Permukaan Media

Nilai organik loading yang terkandung pada target BOD effluent yaitu 30 mg/L didapat dari kurva organik loading vs TBOD₅. kurva organik loading vs TBOD₅ dapat dilihat pada Gambar 4.11

$$\begin{aligned}
 \text{Organic loading influent} &= (\text{COD} + \text{TBOD}_5) \times Q \\
 &= (90,42 + 50,70) \text{ gr/m}^3 \times 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 9.101,88 \text{ gr/hari} \\
 &= 9,10 \text{ kg/hari} \\
 \text{Target organik loading} &= 0,02 \text{ kg/hari} \\
 \text{BOD loading} &= \text{TBOD}_5 \times Q_{\text{ave}} \\
 &= 50,7 \text{ gr/m}^3 \times 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 3.269,88 \text{ gr/hari} \\
 &= 3,27 \text{ kg/hari} \\
 \text{COD loading} &= \text{COD} \times Q_{\text{ave}} \\
 &= 90,42 \text{ mg/L} \times 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 5.832 \text{ gr/hari} \\
 &= 5,83 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

Luas permukaan media yang dibutuhkan:

$$\begin{aligned}
 \text{As} &= \text{BOD loading} / \text{organik loading} \\
 &= 3,27 \text{ kg/hari} / 0,02 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{hari} \\
 &= 163,49 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$



Gambar 4.11 Kurva Organik Loading v Total BOD5 untuk Rotordisk

4.3.4.3 Penentuan Tipe RBC

Tipe RBC yang akan digunakan ditentukan berdasarkan dari debit yang diolah perharinya. Lampiran C (Anonim, 2002) didapat tipe M-100 dengan spesifikasi:

Maks luasan media	= 1850 m ² /shaft
Diameter	= 7 ft = 2,13 m
Kapasitas maks	= 129 m ³ /hari
Kebutuhan power	= 0,75 kW
Ketebalan media	= 1 cm

4.3.4.4 Penentuan Kebutuhan Media

Setiap unit RBC merupakan satu *shaft*, artinya unit tersebut terdiri dari satu rentangan baja penyangga disk media. Panjang maksimum yang diperbolehkan untuk satu *shaft* adalah 8,23 m (Tchobanoglous *et al.*, 2003).

Panjang shaft maksimum	= 8,23 m
Kebutuhan shaft	= As / luas perm tipe S-20
	= 163,49 m ² / 1850 m ² /shaft
	= 0,088 shaft
	= 1 shaft
Jari jari disk media	= 1/2 x diameter

$$\begin{aligned}
&= 1/2 \times 2,13 \text{ m} \\
&= 1,07 \text{ m} \\
\text{Jari jari yang tercelup} &= 40\% \times \text{jari jari total} \\
&= 40\% \times 1,07 \text{ m} \\
&= 0,43 \text{ m} \\
\text{Jari jari yang tidak tercelup} &= 1,07 \text{ m} - 0,43 \text{ m} \\
&= 0,64 \text{ m} \\
\text{As tiap disk (2 sisi):} & \\
\text{As (/disk)} &= 2 \times (1/4 \times 3,14 \times D^2) \\
&= 2 \times (1/4 \times 3,14 \times 2,13^2) \\
&= 7,15 \text{ m}^2 \\
\text{Jumlah disk yang dibutuhkan:} & \\
\sum \text{ disk} &= \text{luas tipe S-20 / luas setiap disk} \\
&= 1850 \text{ m}^2 / 7,15 \text{ m}^2 \\
&= 259 \text{ disk} \\
\text{As efektif (yang tercelup)} & \\
N &= \text{jumlah disk} \\
r &= \text{jari jari tercelup} \\
\text{As efektif} &= 2 \times N \times 3,14 \times (r^2) \\
&= 2 \times 259 \times 3,14 \times ((1,07^2) - (0,64^2)) \\
&= 1.184 \text{ m}^2 \\
\text{HLR dari desain luas RBC} & \\
\text{HLR} &= Q / A \\
&= 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 1.184 \text{ m}^2 \\
&= 0,054 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}
\end{aligned}$$

4.3.4.5 Penentuan Dimensi RBC

Dimensi RBC akan ditentukan dari banyaknya media yang menyusun *shaft* serta diameter media berdasarkan perhitungan pada langkah langkah sebelumnya.

Spesifikasi rotordisk dari lampiran:

- Ketebalan media = 1 cm
- Jarak antar media = 1 cm
- Jarak antar disk terluar dengan bagian panjang dinding bak = 5 cm
- Jarak antara stage 1 dan stage 2 = 10 cm
- Jarak antara media dengan bagian lebar dinding bak = 5 cm

Panjang RBC

Jumlah disk = 259 disk

Ketebalan media = 259 cm

Jarak antar media = $N-1$ (N =ketebalan media)
 $= 259 - 1 = 258$ cm

Jarak antar stage 1 dan 2 = 10 cm

Jarak antara disk terluar dengan dinding bak = 5 cm

(tebal media) + (jarak antar media) +
 P total = (jarak antar disk dengan dinding) + (jarak antar stage)
 $= (259 + 258 + 10 + 20)$
 $= 547$ cm

Lebar RBC

Lebar RBC dipengaruhi oleh diameter media ditambah jarak antara media dengan dinding bak

Jarak antar media dengan dinding bak
 $= 2 \times 5 \text{ cm} = 10 \text{ cm}$

Diameter media = 2.13 m = 213 cm

Lebar total

$= \text{diameter media} + \text{jarak antar media dengan dinding}$
 $= 213 \text{ m} + 10 \text{ cm} = 223 \text{ cm}$

Kedalaman RBC

Sesuai dengan spesifikasi yang ada, kedalaman bak RBC ditentukan oleh presentase luasan media yang tercelup oleh limbah cair. Sekitar 40% dari luasan akan tercelup air limbah selama proses operasi.

Jari jari media = 1,07 m

Jarak antar media dengan dasar bak = 10 cm

Kedalaman RBC

$= (40\% \times \text{jari jari media}) + \text{jarak antar disk dengan dasar}$

$$= 42,8 \text{ cm} + 10 \text{ cm} = 53 \text{ cm}$$

4.3.4.6 Kebutuhan Nutrient

Direncanakan:

Q ave	=	64,5	m ³ /hari	
			mg vss/mg	
Y	=	0,6	BOD	KD (0,4-0,8)
			vss/g vss	KD (0,06-
Kd	=	0,08	day	0,2)
Ratio				
MLVSS/MLSS	=	0,85		KD (0,8-0,9)
				Kd (1000-
MLSS	=	3000	mg/L	3000)
	=	3	Kg/m ³	
OLR	=	< 4.5	kg BOD/m ³ .hari	
SRT	=	10	hari	
So [BOD]	=	50,70	mg/L	
	=	0,051	Kg/m ³	
Se [BOD]	=	2,02	mg/L	
	=	0,002	Kg/m ³	
NH3 bebas	=	75,15	mg/l	
	=	0,075	Kg/m ³	
S So [TSS]	=	48,56	mg/L	
	=	0,049	Kg/m ³	
S Se [TSS}	=	1,98	mg/L	
	=	0,002	Kg/m ³	
		3,8837		
Posfat	=	21	mg/L	
	=	0,004	Kg/m ³	
Xw = Xr	=	5000	mg/L	
	=	5	Kg/m ³	

Perhitungan massa lumpur TBOD5

$$M = ((f.h.Ko.S^2) \times As \text{ efektif}) / (Km+S)$$

$$\begin{aligned}
& ((0,006 \text{ L/mg} \times 0,001 \text{ m} \times 0,2 \text{ mg/L.dtk} \times \\
& (50,7^2) \text{ mg/L}) \times 1184 \text{ m}^2) / (10 \text{ mg/L} + 50,7 \\
& = \text{mg/L}) \\
& = 0,06 \\
& = 601,61 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}
\end{aligned}$$

Perhitungan removal substrat netto

$$\begin{aligned}
M' & = M - K_d(S_o - S) \\
& 601,61 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} - 0,06(50,7 \text{ mg/L} - \\
& = 30 \text{ mg/L}) \\
& = 600,37 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}
\end{aligned}$$

penentuan nilai Y_{obs}

$$\begin{aligned}
Y_{obs} & = M'/M \\
& = 600,37 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} / 601,62 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \\
& = 0,998 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari}
\end{aligned}$$

Perhitungan biomassa yang dibuang

$$\begin{aligned}
P_x & = Y_{obs} \times Q_{ave} \times (S_o - S) \\
& 0,998 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari} \times 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times (50,7 - 30) \\
& = \text{mg/L} \\
& = 1332,12 \text{ g/hari} \\
& = 1,33 \text{ kg/hari}
\end{aligned}$$

X TSS

$$\begin{aligned}
(\text{MLSS}) & = (((SRT/(V/Q)) \times (Y/(1 + K_d \cdot SRT))) \\
3000 & (10 \text{ hari/td}) \times (((0,6 \text{ mg vss/mg BOD} \times (50,7 - 2,02 \\
\text{mg/L} & = \text{mg/L}) / ((1 + (0,08 \text{ vss/g vss day} \times 10))))
\end{aligned}$$

$$td = 0,097 \text{ hari}$$

Volume

$$\begin{aligned}
\text{bangunan} & = Q_{ave} \times td \\
& = 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,097 \text{ hari} \\
& = 6,28 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Cek OLR} & = (Q_{ave} \times [\text{BOD}_{in}]) / V_{\text{bangunan}} \\
& = (64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,051 \text{ kg/m}^3) / 6,28 \text{ m}^3 \\
& = 0.52 \text{ kg BOD/m}^3 \text{ day}
\end{aligned}$$

massa

TSS

$$\begin{aligned}\text{influen} &= 48,56 \text{ g/m}^3 \times 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 3131,82 \text{ g/hari} \\ &= 3,13 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

biodegrad

able TSS

$$\begin{aligned}&= \text{massa TSS} \times 65\% \times 1,42 \times 68\% \\ &= 3,13 \text{ kg/hari} \times 65\% \times 1,42 \times 68\% \\ &= 1,97 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

lumpur

TSS inert

$$\begin{aligned}&= \text{MTSS influen-biodegradable TSS} \\ &= 3,19 \text{ kg/hari} - 1,97 \text{ kg/hari} \\ &= 1,17 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

total lumpur yang dibuang

total

lumpur

$$\begin{aligned}&= P_x + \text{lumpur TSS inert} \\ &= 1,33 \text{ kg/hari} + 1,17 \text{ kg} \\ &= 2,50 \text{ kg/hari}\end{aligned}$$

Q waste

$$\begin{aligned}&= P_x \text{ SS}/X_w \\ &= 2,50 \text{ kg/hari} / (5000/1000) \\ &= 0,49 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Kontrol F/M

MLVSS

$$\begin{aligned}&= \text{Ratio MLVSS/MLSS} \times \text{MLSS} \\ &= 0,85 \times 3000 \text{ mg/L} \\ &= 2550 \text{ mg/L} \\ &= 2,55 \text{ Kg/m}^3\end{aligned}$$

Cek F/M

$$\begin{aligned}&= (Q_{\text{ave}} \times S_o [\text{BOD}]) / (V_{\text{bangunan}} \times \text{MLVSS}) \\ &= (64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,051 \text{ kg/m}^3) / (6,28 \text{ m}^3 \times 2,55 \\ &\quad \text{kg/m}^3) \\ &= 0,195 \text{ Kg BOD/ Kg MLVSS day}\end{aligned}$$

Kebutuhan Nutrien

$$\begin{aligned}
 \text{Nitrogen} &= \text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N} \\
 &= 113 \\
 \text{Kebutuhan N} &= ((\text{Ar N}/\text{Mr C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}) \times \text{Px bio}) \\
 &= 12\% \times 1,33 \text{ Kg/hari} \\
 &= 0,16 \text{ Kg/hari} \\
 \text{N input [No]} &= \text{Q ave} \times [\text{No}] \\
 &= 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,075 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 4,85 \text{ Kg/hari} \\
 \text{Sisa N} &= \text{N input [No]} - \text{Kebutuhan N} \\
 &= 4,85 \text{ kg/hari} - 0,16 \text{ kg/hari} \\
 &= 4,69 \text{ Kg/hari} \\
 \text{Konsentrasi N} &= \text{Sisa N/Q} \\
 \text{ef} &= 4,69 \text{ kg/hari} / 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,07 \text{ Kg/m}^3 \\
 &= 72,67 \text{ mg/L} \\
 \\
 \text{Phospat} & \\
 \text{Asumsi rasio} & \\
 \text{C:N:P} &= 100:05:01 \\
 \text{Kebutuhan P} &= 1/5 \times 12\% \times \text{Px bio} \\
 &= 1/5 \times 12\% \times 1,33 \text{ kg/hari} \\
 &= 0,032 \text{ Kg/hari} \\
 \text{TP (sisa P)} &= [\text{Po}] \times \text{Q ave} - \text{Kebutuhan P} \\
 &= (0,004 \text{ kg/m}^3 \times 64,5 \text{ m}^3/\text{hari}) - 0,032 \\
 &= \text{kg/hari} \\
 &= 0,219 \text{ Kg/hari} \\
 \text{Konsentrasi P} &= \text{Sisa P/Qave} \\
 \text{ef} &= 0,219 \text{ kg/hari} / 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,00339 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 3,39 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Diketahui:

Sistem RBC dengan resirkulasi

X resirkulasi = 5000 mg/L

Xe = Clarifier effluent TSS

Mass in = Mass out

X TSS (1+R) = $X_w \cdot R + (X_e(1-R))$

3000 mg/L (1+R) = 5000 mg/L x R + (1,7(1-R))

3000 + 3000R = 5000R + 1,7 - 1,7R

1998,3 R = 2998,3

R = 1,5

Q resirkulasi = Q ave x R

= 64,5 m³/hari x 1.5

= 96,75 m³/hari

4.3.4.7 Kualitas Effluent RBC

kualitas effluent bahan organik (TBOD5)

massa TBOD5

influent = BODinput x Q ave

= 64,5 m³/hari x 50,7 mg/l

= 3269,88 gr/hari

= 3,27 kg/hari

total lumpur = 2,50 kg/hari

massa effluent BOD = MTBOD5 influent - M biomassa

= 3,27 kg/hr - 2,52 kg/hari

= 0,77 kg/hari

konsentrasi BOD5

effluent = massa effluent BOD / Qave

(0,75 kg/hari x 1000 g/kg) / 64,5

= m³/hari

= 11,96 mg/L

ratio BOD5/COD = 0,5

konsentrasi BOD effluent / ratio

COD effluent = BOD5/COD

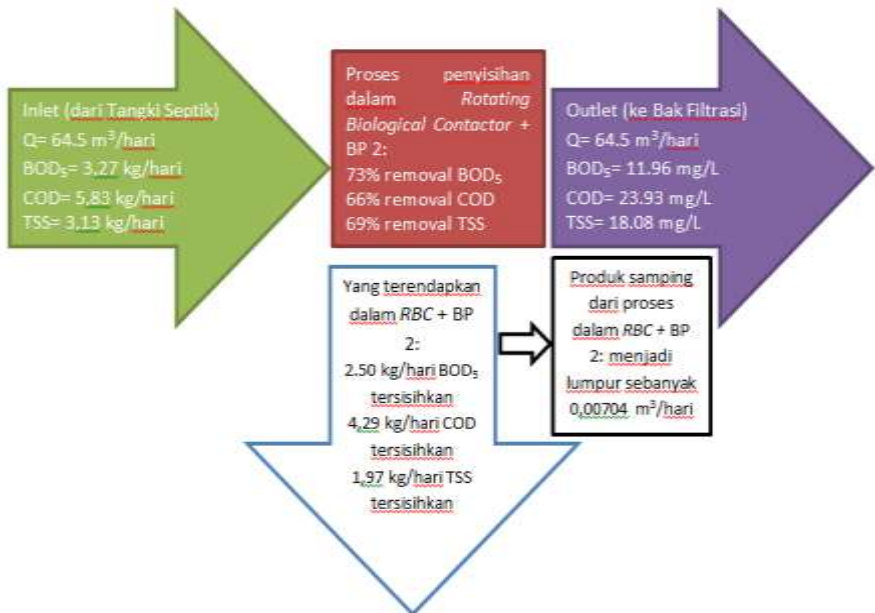
= 11,96 mg/L / 0,5

$$\begin{aligned}
 &= 23,93 \text{ mg/L} \\
 \text{massa TSS effluent} &= \text{MTSS influen} - \text{MTSS biodegradable} \\
 &= 3,13 \text{ kg/hari} - 1,97 \text{ kg/hari} \\
 &= 1,17 \text{ kg/hari} \\
 \text{kadar TSS eff} &= \text{massa TSS effluen} / \text{Qave} \\
 &= 1,17 \text{ kg/hari} / 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,02 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 18,08 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{efisiensi pengolahan RBC} \\
 \text{efisiensi pengolahan} &= ((\text{BOD5 inf} - \text{BOD5 eff}) / \text{BOD5 inf}) \times \\
 \text{RBC} &= 100 \\
 &= ((50,7 \text{ mg/L} - 11,96 \text{ mg/L}) / 50,7 \text{ mg/L}) \\
 &= \times 100 \\
 &= 76,40 \% \\
 \text{S1} &= 6,95 \text{ mg/L} \\
 \text{EBOD5} &= (\text{BOD input} - \text{S1}) / \text{BOD input} \\
 &= (50,7 - 6,95) / 50,7 \text{ mg/L} \\
 &= 0,86 \\
 &= 86,29 \%
 \end{aligned}$$

4.3.4.9 Mass Balance RBC

Mass balance merupakan urutan yang menjelaskan kemampuan suatu unit dalam mendegradasi kandungan polutan serta memberikan rincian singkat dari proses pengolahan yang terjadi. Mass balance untuk unit RBC dapat dilihat pada Gambar 4.12



Gambar 4.12 Mass Balace RBC

Produksi lumpur:

- Dari tangki septik = $0.00443 \text{ m}^3/\text{hari}$
 - Dari RBC+BP = $0.00704 \text{ m}^3/\text{hari}$
 - Jumlah lumpur tangki septik + *anaerobic filter* = $0.01147 \text{ m}^3/\text{hari}$
- Pengurusan dilakukan setiap 24 bulan sekali sehingga didapatkan volume lumpur yang dihasilkan per 24 bulan adalah:
- = Jumlah lumpur tangki septik + *anaerobic filter* x 365 hari x 2
- = $0.01147 \text{ m}^3/\text{hari} \times 365 \text{ hari} \times 2$
- = $8.373 \text{ m}^3/\text{hari}$

Lumpur yang dihasilkan kemudian ditampung dalam bak penampung lumpur untuk kemudian diangkut oleh pihak ketiga yang berwenang dalam menangani limbah rumah sakit.

4.3.5 Bak Pengendap 2

Bak pengendap 2 digunakan sebagai unit pengendap bagi TSS inert dan lumpur biomassa yang mengalami *sloughing* dari RBC selama proses pengolahan biologis.

Direncanakan:

Q ave	=	64,5	m ³ /hari
	=	0,00075	m ³ /detik
X MLSS di OD	=	3000	mg/L
	=	3	Kg/m ³
Faktor resirkulasi	=	0,5	
Q resirkulasi	=	96,75	m ³ /hari
Xw = Xr	=	5000	mg/L (KD 3000-5000)
	=	5	kg/m ³
Total lumpur	=	2,50	kg/hari
Sludge waste (Qw)	=	total lumpur / Xw	
	=	2,50 kg/hari / 5 kg/m ³	
	=	0,500	m ³ /hari
Vol RBC	=	6,28	m ³
Over Flow rate	=	Kd (15-40)	m ³ /m ² .hari
Solid Loading Rate	=	Kd (50-150)	Kg/m ³ .hari
Weir loading	=	<124	
Waktu detensi	=	Kd (2-6)	jam
SF	=	2,5	Kg/m ² .jam (KD 2-4.2)

4.3.5.1 Penentuan Tipe Pompa

Pompa dari bak ekualisasi digunakan untuk mengalirkan air dari RBC menuju bak pengendap 2.

Direncanakan:

- Pompa terdiri dari 2 unit, dimana 1 unit digunakan untuk operasional dan unit yang lain untuk cadangan.
- Pompa yang digunakan adalah jenis pompa sentrifugal

Perhitungan:

1. Pipa suction

- Direncanakan kecepatan air melalui pipa (v) = 1,5 m/detik
- Direncanakan panjang pipa suction = 1 m

- Debit = $64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Penentuan diameter pipa suction:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m}/\text{detik}} = 4,98 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (4,98 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 50 mm

- Perhitungan kehilangan tekanan mayor ($H_{f_{\text{mayor}}}$) pipa suction dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$\begin{aligned} H_{f_{\text{mayor}}} &= \left[\frac{Q}{(0.00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}} \\ &= \left[\frac{0.747 \frac{l}{\text{detik}}}{(0.00155) 5 \text{ cm}^{2.63} (120)} \right]^{1.85} \times 1 \text{ m} \\ &= 0,0052 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Pipa menuju inlet bak pengendap 2

- Debit = $64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Direncanakan kecepatan air melalui pipa (v) = 1,5 m/detik
- Direncanakan pipa menuju inlet bak pengendap 2 = 8,76 m
- Penentuan diameter pipa suction:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m}/\text{detik}} = 4,98 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (4,98 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 50 mm

- Perhitungan kehilangan tekanan mayor ($H_{f_{\text{mayor}}}$) pipa menuju inlet bak pengendap 2 dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$\begin{aligned} H_{f_{\text{mayor}}} &= \left[\frac{Q}{(0.00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}} \\ &= \left[\frac{0.747 \frac{l}{\text{detik}}}{(0.00155) 5 \text{ cm}^{2.63} (120)} \right]^{1.85} \times 8,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 0,044 \text{ m}$$

3. Head statis antara pompa dengan muka air bak ekualisasi dengan tangki septik adalah 0,08 m

4. Perhitungan aksesoris (headloss minor)

- Headloss pada aksesoris pipa dihitung dengan rumus

$$H_f \text{ minor} = k \frac{V^2}{2g} = k \frac{\left(1,5 \frac{\text{m}}{\text{detik}}\right)^2}{2 \times 9,81} = 0,11 \text{ k}$$

Jenis aksesoris:

3 elbow 90° = ($k=0,3$), $H_f=3 (0,11 \times 0,3) = 0,099 \text{ m}$

2 check valve = ($k=0,5$) $H_f= 2 (0,11 \times 0,5) = 0,11 \text{ m}$

- Total headloss minor
= $0,099 \text{ m} + 0,11 \text{ m} = 0,209 \text{ m}$
- Total head pompa:
= $(0,0052+0,044)\text{m} + 0,209 \text{ m} + 0,08 \text{ m}$
= $0,338 \text{ m}$

5. Perhitungan daya pompa

- Efisiensi pompa direncanakan sebesar 70%, maka Whp:

$$Whp = \frac{\rho g Q H}{1000 \times 3600} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2,69 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 9,81 \times 0,338 \text{ m}}{1000 \times 3600} = 2,48 \times 10^{-3} \text{ kW}$$

- Kebutuhan daya pompa dengan efisiensi pemompaan 70%

$$Bhp = Whp / \eta = 2,48 \times 10^{-3} \text{ kW} / 0,7 = 5,34 \times 10^{-3} \text{ kW}$$

6. Spesifikasi pompa yang digunakan adalah:

Penentuan jenis pompa dilakukan dengan menggunakan grafik head v Q (lampiran A), sehingga diperoleh:

Jenis pompa = Pompa sentrifugal

Jumlah = 2 unit

Tipe = SEG.A15.20.R2.2.1.603

4.3.5.2 Dimensi Bak Pengendap 2

Direncanakan:

$$Q_{\text{ave}} = 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 2,69 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Perhitungan:

Luas

$$\begin{aligned}\text{permukaan SC} &= (Q \times X)/SF \\ &= (2,69 \text{ m}^3/\text{jam} \times 3 \text{ kg/m}^3) / 2,5 \text{ kg/m}^2.\text{jam} \\ &= 3,225 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Diameter} &= [4A/\pi]^{0.5} \\ &= (4 \times 3,225 \text{ m}^2 / 3,14)^{0.5} \\ &= 2 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek luas} &= 1/4\pi D^2 \\ &= 1/4 \times 3,14 \times 2^2 \\ &= 3,23 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek OFR} &= Q \text{ tiap bak/A} \\ &= 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 3,23 \text{ m}^2 \\ &= 20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari (OK)}\end{aligned}$$

Cek Solid
loading

$$\begin{aligned}\text{Solid loading} &= (Q \times X)/A \\ &= (64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3 \text{ kg/m}^3) / ((1/4) \times 3,14 \times (2^2 \\ &= \text{m})) \\ &= 60 \\ &= \text{kg/m}^2.\text{hari}\end{aligned}$$

4.3.5.3 Kedalaman Bak Pengendap 2

Zona thickening

Direncanakan:

$$\text{Volume RBC} = 6,28 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Total massa solid dari tiap RBC} &= X \text{ MLSS} \times \text{volume RBC} \\ &= 3 \text{ kg/m}^3 \times 6,28 \text{ m}^3 \\ &= 18,84 \text{ Kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total massa solid di Tiap SC} \\ \text{(TMC)} &= 18,84 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kedalaman zona thickening} &= \text{TMC}/(X_r.A_s) \\ &= 18,84 \text{ kg} / (5 \text{ kg/m}^3 \times 3,23 \\ &= \text{m}^2)\end{aligned}$$

$$= 1,17 \text{ m}$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

Volume lumpur

Direncanakan:

$$\text{Px bio dari RBC} = 1,33 \text{ kg/hari}$$

Lumpur TSS yang masuk ke clarifier dari mass balance

$$= 3,18 \text{ kg/hari}$$

Massa TSS dari pengolahan biologis (Px SS)

$$= 2,50 \text{ kg/hari}$$

Px bio + lumpur TSS teremoval di

Massa lumpur = pengolahan Biologis + Px SS

$$= 1,33 + 3,18 + 2,5$$

$$= 7,01 \text{ kg/hari}$$

Xr = 5000 mg/L

$$= 1\% \text{ TSS}$$

kadar solid : Kadar air = 1% :

Berat jenis lumpur

$$= 99\%$$

$$(P_{\text{solid}} \times 1\%) + (P_{\text{water}} \times$$

Denistas lumpur

$$= 99\%)$$

$$= (1020 \times 1\%) + (996,2 \times 99\%)$$

$$= 996,438 \text{ kg/m}^3$$

Vol lumpur

$$= \text{massa/densitas lumpur}$$

$$= 7,01 \text{ kg/hari} / 996,44 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,00704 \text{ m}^3/\text{hari}$$

kedalaman zona

lumpur(asumsi)

$$= 1/3 \times h$$

$$= 1/3 \times 2 \text{ m}$$

$$= 0,667 \text{ m}$$

Menurut Setiyawan dan Hari (2010), *clear water zone* memiliki range antara 1,83 hingga 3,05

Kedalaman zona settling clear water

zone (asumsi)

$$= 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman total SC} &= \text{kedalaman zona settling + kedalaman zona thickening + kedalaman zona lumpur} \\
 &= (2 + 1,2 + 0,67) \text{ m} \\
 &= 3,9 \text{ m} \\
 \text{Freeboard} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman + fb} &= 4,2 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kontrol waktu detensi

$$\begin{aligned}
 \text{Vol tiap bak} &= A_s \times h \\
 &= 3,23 \text{ m}^2 \times 4,2 \text{ m} \\
 &= 13,44 \text{ m}^3 \\
 \text{Td tiap bak} &= V/Q \\
 &= 13,44 \text{ m}^3 / 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,21 \text{ hari} \\
 &= 5 \text{ jam} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Pompa dan pipa lumpur

$$\begin{aligned}
 \text{Debit resirkulasi} &= 96,75 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,067 \text{ m}^3/\text{menit} \\
 \text{Head pompa} &= \text{panjang pipa penguras+angka keamanan} \\
 &= 5 \text{ m} + 5 \text{ m} \\
 &= 10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.3.5.4 Zona Outlet

Direncanakan:

Pelimpah V notch sekeliling saluran dengan lebar saluran 0,5 m

Jarak antar V notch 0,3 m

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{effluen}} &= Q_{\text{ave}} - Q_w \\
 &= 64,5 \text{ m}^3/\text{hari} - 0,50 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 64 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ effluen/bak} &= Q \text{ effluent/jumlah bak} \\
 &= 64 \text{ m}^3/\text{hari} / 1 \text{ bak} \\
 &= 64 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang weir} &= \pi \times D \\
 &= 3,14 \times 2 \text{ m} \\
 &= 6,36 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Digunakan V notch 90° dengan jarak 30 cm antar puncak segitiga

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah V notch total} &= \text{panjang weir total/jarak antar V notch} \\
 &= 6,36 \text{ m} / 0,3 \text{ m} \\
 &= 21,21 \\
 &= 22 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q \text{ tiap notch} &= Q \text{ effluen/jumlah notch} \\
 &= 63,99 \text{ m}^3/\text{hari} / 22 \text{ buah} \\
 &= 2,91 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 0,00003 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Kedalaman air muka diatas V notch

$$= \left[\frac{15 \times Q \text{ tiap notch}}{8 \times C_d \times \sqrt{2g}} \right]^{\frac{2}{5}} = \left[\frac{15 \times 0,00003}{8 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 9,81}} \right]^{\frac{2}{5}} = 0,038 = 3,8 \text{ cm}$$

Direncanakan kedalaman V notch 5 cm

$$\begin{aligned}
 \text{Cek weir loading} &= Q_{\text{effluent}}/\text{panjang weir} \\
 &= 64 \text{ m}^3/\text{hari} / 6,36 \text{ m} \\
 &= 10,06 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

4.3.5.5 Saluran Outlet

Direncanakan:

$$\begin{aligned}
 Q &= 0,00075 \text{ m}^3/\text{s} \\
 V \text{ rencana} &= 0,6 \text{ m/s} \\
 W:H &= 2 \\
 \text{Panjang saluran} &= 5 \text{ m} \\
 \text{Koefisien gesek} &= 0,015 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Slope

$$V = \frac{1}{n} \left(\frac{w \times h}{w + 2h} \right)^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}}$$

$$0,6 = \frac{1}{0,015} \left(\frac{2 \times 1}{2 + 2 \times 1} \right)^{\frac{2}{3}} s^{\frac{1}{2}}$$

$$S = 0,0002 \text{ m}$$

Kedalaman

$$h = \left[\frac{1,5874 \times Q \times n^{\frac{3}{8}}}{2\sqrt{S}} \right] = \left[\frac{1,5874 \times 0,00075 \times 0,015^{\frac{3}{8}}}{2\sqrt{0,0002}} \right] = 0,06 \text{ m}$$

Lebar

$$\begin{aligned} \text{Lebar} &= 2h \\ &= 2 \times 0,06 \text{ m} \\ &= 0,12 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3.6 Filtrasi

Diketahui:

Qave	=	64,5	m ³ /hari
Kecepatan filtrasi (Vf)	=	5	m/jam
Densitas karbon aktif	=	35	kg/ m ³
Bentuk reaktor	=	Tabung	
Daya serap karbon aktif	=	750	mg/g, min 20%
N yang dihilangkan	=	74,97	mg/L
	=	4.835.305,40	mg/hari
	=	4,84	kg/hari
P influen	=	3,87	mg/L

Perhitungan:

Karbon filter

Luas (A)

$$\begin{aligned} A &= Q / Vf \\ &= (64,5 \text{ m}^3/\text{hari} / 10 \text{ jam}) / 5 \text{ m/jam} \\ &= 1,29 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Diameter

$$\begin{aligned} D &= ((4 \times A) / 3,14)^{0.5} \\ &= ((4 \times 1,29) / 3,14)^{0.5} \\ &= 1,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Berat karbon aktif (m)

$$\begin{aligned} m &= N \text{ yang hilang} / \text{daya serap} \\ &= (74,97 \text{ mg/L} \times (64,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1000)) / 750 \text{ mg} \\ &= 6447,1 \text{ g} \end{aligned}$$

Daya serap minimal 20%, maka

$$\begin{aligned} m \text{ total} &= m / 0,2 \\ &= 6447,1 \text{ g} / 0,2 \\ &= 32235,4 \text{ g} \\ &= 32,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

Volume karbon aktif (Vka)

$$\begin{aligned} Vka &= m \text{ total} / \text{densitas} \\ &= 32,24 \text{ kg} / 35 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,92 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ketinggian karbon aktif (H)

$$\begin{aligned} H &= Vka / A \\ &= 0,92 \text{ m}^3 / 1,29 \text{ m}^2 \\ &= 0,71 \text{ m} \\ &= 71,4 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$H \text{ karbon aktif} : H \text{ pasir} = 1 : 3$$

Perhitungan:

Ketinggian filter (H)

$$\begin{aligned} H \text{ pasir} &= 3 \times \text{tinggi karbon aktif} \\ &= 3 \times 71,4 \text{ cm} \\ &= 214,2 \text{ cm} \end{aligned}$$

Menurut Chrisafitri dan Karnaningroem (2012), penggunaan karbon filter mampu meningkatkan efisiensi removal sebesar 72% untuk surfaktan, sehingga:

$$\begin{aligned} P \text{ effluent} &= P_{\text{influent}} - (P_{\text{influent}} \times \% \text{removal}) \\ &= 3,87 \text{ mg/L} - (3,87 \text{ mg/L} \times 72\%) \\ &= 1,08 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

4.3.6.1 Penentuan Tipe Pompa

Pompa digunakan untuk mengalirkan air dari bak pengendap 2 ke karbon filter untuk alternatif unit RBC, dan dari AF untuk ke karbon filter untuk alternatif AF

Direncanakan:

- Pompa terdiri dari 2 unit, dimana 1 unit digunakan untuk operasional dan unit yang lain untuk cadangan.
- Pompa yang digunakan adalah jenis pompa sentrifugal

Perhitungan:

1. Pipa suction

- Direncanakan kecepatan air melalui pipa (v) = 1,5 m/detik
- Direncanakan panjang pipa suction = 1,3 m
- Debit = $64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Penentuan diameter pipa suction:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m/detik}} = 4,98 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (4,98 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 50 mm

- Perhitungan kehilangan tekanan mayor ($H_{f_{\text{mayor}}}$) pipa suction dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$\begin{aligned} H_{f_{\text{mayor}}} &= \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2,63} C} \right]^{1,85} L_{\text{pipa}} \\ &= \left[\frac{0,747 \frac{\text{l}}{\text{detik}}}{(0,00155) 5 \text{ cm}^{2,63} (120)} \right]^{1,85} \times 1,3 \text{ m} \\ &= 0,0068 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Pipa discharge

- Debit = $64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Direncanakan kecepatan air melalui pipa (v) = 1,5 m/detik
- Direncanakan pipa discharge = 5,1 m
- Penentuan diameter pipa suction:

$$AA = \frac{Q}{V} = \frac{7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m/detik}} = 4,98 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (4.98 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 50 mm

- Perhitungan kehilangan tekanan mayor ($H_{f\text{ mayor}}$) pipa suction dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$\begin{aligned} H_{f\text{ mayor}} &= \left[\frac{Q}{(0.00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}} \\ &= \left[\frac{0.747 \frac{\text{l}}{\text{detik}}}{(0.00155) 5 \text{ cm}^{2.63} (120)} \right]^{1.85} \times 5,1 \text{ m} \\ &= 0,027 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Head statis antara pompa dengan muka air bak penendap 2 dengan tangki karbon filter adalah 3,37 m
4. Perhitungan aksesoris (headloss minor)
 - Headloss pada aksesoris pipa dihitung dengan rumus

$$H_{f\text{ minor}} = k \frac{V^2}{2g} = k \frac{\left(1,5 \frac{\text{m}}{\text{detik}}\right)^2}{2 \times 9.81} = 0,11 \text{ k}$$

Jenis aksesoris:

4 elbow 90° = ($k=0.3$), $H_f=4 (0.11 \times 0.3) = 1,32 \text{ m}$

3 check valve = ($k=0.5$) $H_f= 3 (0.11 \times 0.5) = 0.165 \text{ m}$

- Total headloss minor
= $1,32 + 0,165 \text{ m}$
- Total head pompa:
= $(0,0068+0,027)\text{m} + (1,32+0,165)\text{m} + 3,37 \text{ m}$
= $4,89 \text{ m}$

5. Perhitungan daya pompa

- Efisiensi pompa direncanakan sebesar 70%, maka Whp :

$$\begin{aligned} Whp &= \frac{\rho g Q H}{1000 \times 3600} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 2,69 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 9,81 \times 4,89 \text{ m}}{1000 \times 3600} \\ &= 0,036 \text{ kW (misal)} \end{aligned}$$

- Kebutuhan daya pompa dengan efisiensi pemompaan 70%

$$Bhp = Whp / \eta = 0,035 \text{ kW} / 0,7 = 0,05 \text{ kW}$$

6. Spesifikasi pompa yang digunakan adalah:
 Penentuan jenis pompa dilakukan dengan menggunakan grafik head v Q (lampiran B), sehingga diperoleh:
 Jenis pompa = Pompa sentrifugal
 Jumlah = 2 unit
 Tipe = SEG.A15.20.R2.2.1.603

4.3.6.2 Dimensi Pipa Effluent

Direncanakan:

- Debit = $64,5 \text{ m}^3/\text{hari} = 7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}$
- Direncanakan kecepatan air melalui pipa (v) = $1,5 \text{ m/detik}$
- Panjang pipa = $0,63 \text{ m}$
- Penentuan diameter pipa influen:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1,5 \text{ m/detik}} = 4,98 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (1,245 \times 10^{-3})}{\pi}} = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

Ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 42 mm

- Perhitungan kehilangan tekanan mayor ($H_{f\text{ mayor}}$) pipa dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$\begin{aligned} H_{f\text{ mayor}} &= \left[\frac{Q}{(0.00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}} \\ &= \left[\frac{0.747 \frac{\text{l}}{\text{detik}}}{(0.00155) 5 \text{ cm}^{2.63} (120)} \right]^{1.85} \times 0,63 \text{ m} \\ &= 0,0033 \text{ m} \end{aligned}$$

- Perhitungan aksesoris (headloss minor)
 - Headloss pada aksesoris pipa dihitung dengan rumus 2.80

$$H_{f\text{ minor}} = k \frac{V^2}{2g} = k \frac{\left(0,6 \frac{\text{m}}{\text{detik}}\right)^2}{2 \times 9,81} = 0,018 \text{ k}$$

Jenis aksesoris:

2 elbow $90^\circ = (k=0.3)$, $H_f = 2 (0,018 \times 0,3) = 0,011 \text{ m}$

- Total headloss minor
 = $0,011 \text{ m}$

- Total headloss
 $= H_{f\text{mayor}} + H_{f\text{minor}}$
 $= 0,0033 \text{ m} + 0,011$
 $= 0,0143 \text{ m}$

4.3.7 Desinfeksi

Tujuan utama dari proses desinfeksi adalah untuk membunuh bakteri bakteri patogen yang lolos dari unit unit pengolahan air limbah, sehingga air hasil pengolahan lebih aman saat dibuang ke badan air.

Pada perencanaan kali ini digunakan klorinasi yaitu penggunaan klor sebagai desinfektan. Proses klorinasi ini dilakukan setelah air limbah melalui proses pengolahan biologis. Dosis klor dihitung berdasarkan BPC (*Break Point Chlorination*) dan sisa klor. Pada perencanaan kali ini direncanakan:

Q ave	=	64,5	m ³ /hari	= 0,75	L/dt
Nilai BPC	=	2	mg/L		
densitas larutan	=	1000	kg/m ³		
Kalsium hipoklorit	=	70%	klorin		
konsentrasi larutan	=	5%			

4.3.4.1 Kebutuhan Kaporit

Dosis klor total yang dibutuhkan

= Nilai BPC

= 2 mg/L

= 2 mg/L

Kebutuhan kaporit untuk kapasitas pengolahan

= Dosis klor total yang dibutuhkan x Q ave

= 2 mg/L x 0,75 L/dt

= 1,5 mg/detik

= 0,129 kg/hari

Kebutuhan kaporit (kadar klor 70%)

= Keb. kaporit untuk kapasitas pengolahan x 100/70

$$= 0,129 \text{ kg/hari} \times 100/70$$

$$= 0,18 \text{ kg/hari}$$

Volume air bila konsentrasi untuk larutan 20% adalah:

Massa air

$$= 80/20 \times \text{Kebutuhan kaporit (kadar klor 70\%)}$$

$$= 80/20 \times 0,18$$

$$= 0,737 \text{ kg/hari}$$

Massa larutan

$$= \text{Massa air} + \text{kebutuhan klorin (kadar klor 70\%)}$$

$$= 0,737 \text{ kg/hari} + 0,18 \text{ kg/hari}$$

$$= 0,921 \text{ kg/hari}$$

Volume

$$= \text{Massa larutan/berat jenis larutan}$$

$$= 0,92 \text{ kg/hari} / 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$= 0,00092 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 0,9214 \text{ L/hari}$$

Bila periode pelarutan dilakukan setiap 30 hari, maka volume bak pelarut sebesar 27,6 L atau $0,0276 \text{ m}^3$

4.3.4.2 Perencanaan Bak Pelarut Kaporit

Direncanakan:

Bak pelarut dengan kedalaman efektif 0.25 m, maka sisi bak diperoleh sebesar 35 x 35 cm. kedalaman total ditambah freeboard 45 cm

- Jumlah Bak = 1 buah
- Dimensi :
 - panjang (P) = 0,35 m
 - lebar (L) = 0,35 m
 - kedalaman = 0,45 m
 - volume bak = $p \times l \times t = 0,35 \times 0,35 \times 0,45 = 0,055 \text{ m}^3$
- Kebutuhan kaporit = 0,18 kg/hari
- Rencana untuk paddle:
 - Jenis = paddle impeller tipe flat paddles, 2 blades (D/W = 6)
 - $K_t = 1,7$

- Lebar paddle (D) = 70% dari lebar bak
 - Jarak dasar bak dengan paddle = $\frac{1}{2}$ D
 - Jumlah putaran (n) = 100 rpm = 1,67 rps
 - $G = 500/\text{detik}$ (pengadukan skala kecil)
 - Viskositas absolut pada suhu $25^\circ\text{C} = 0,8949 \times 10^{-3} \text{ N.dt/m}^2$
 - ρ air pada suhu $28^\circ\text{C} = 996,26 \text{ kg/m}^3$
 - Daya motor untuk paddle (P):
- $$P = \mu G^2 V$$
- $$= (0,8949 \times 10^{-3} \text{ N detik/m}^2) \times (500/\text{detik})^2 \times 0,055 \text{ m}^3$$
- $$= 12,3 \text{ N.m/detik}$$
- Diameter paddle
- $$D = \left[\frac{P}{K t n^3 \rho} \right]^{\frac{1}{5}} = \left[\frac{12.3}{1.7 \cdot 1.67^3 \cdot 996.26} \right]^{\frac{1}{5}} = 0.28 \text{ m} = 28 \text{ cm}$$
- Jarak blade dengan dasar bak:
- $$= \frac{1}{2} D = \frac{1}{2} \times 28 \text{ cm} = 14 \text{ cm}$$

4.3.4.3 Perencanaan Bak Pembubuh

Bak pembubuh berbentuk segiempat, berfungsi untuk menampung larutan kaporit dari bak pelarut sebelum dialirkan ke pipa effluen dengan bantuan dosing pump.

Direncanakan:

- Jumlah Bak = 1 buah
- Dimensi :
 - panjang (P) = 0.35 m
 - lebar (L) = 0.35 m
 - kedalaman = 0.45 m
 - volume bak = $p \times l \times t = 0.055 \text{ m}^3$

4.3.4.4 Desain Mixing Klorin

Pada perencanaan ini digunakan pipa sebagai pengaduk, pada pipa tersebut akan diinjeksikan larutan klorin.

- Penentuan head mixing
- Head dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$G = \sqrt{\frac{g \times H}{V \times t d}}$$

Direncanakan:

- G untuk mixing sebesar 500/detik
- Waktu detensi mixing 30 detik

$$500/\text{detik} = \frac{9.81 \times H}{30 \times (0.8934 \times 10^{-6})}$$

$$H = \frac{500^2 \times (0.8934 \times 10^{-6}) \times 30}{9.81} = 0,68 \text{ m}$$

- Perhitungan panjang pipa
 Dengan headloss sebesar 0,68 m dan diameter pipa sebesar 25 mm maka panjang pipa yang diperlukan dapat dihitung sebagai berikut:

$$H_f = \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}}$$

$$0,68 = \left[\frac{0.747 \text{ l/detik}}{(0,00155) 2.5^{2.63} 120} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}}$$

$$L_{\text{pipa}} = 1,88 \text{ m} \approx 1,9 \text{ m}$$

Sehingga pipa yang diperlukan untuk mixing adalah sepanjang 1,9 m dengan diameter 25 mm.

Untuk mendapatkan mixing tersebut diperhitungkan slope dari pipa untuk mengatasi head:

$$\text{Slope} = \Delta H / L = 0.68 \text{ m} / 1,9 \text{ m} = 0,36 \text{ m/meter}$$

Artinya antara bagian hulu dengan hilir zone mixing diperlukan perbedaan tinggi sekitar 35 cm

- Perhitungan kecepatan aliran
 Kecepatan aliran dalam pipa dihitung sebagai berikut:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \pi (0,025^2)} = 1,52 \text{ m/detik}$$

4.3.4.5 Desain Pipa Effluent

Desain pipa yang dimaksudkan untuk menurunkan kecepatan aliran dalam pipa, selain itu pipa ini akan berfungsi sebagai slow mixing untuk menurunkan energi mixing.

Direncanakan:

Kecepatan aliran: 1,5 m/detik

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{7,47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{detik}}{1.5 \text{ m/detik}} = 4,98 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times (4,98 \times 10^{-4})}{\pi}} = 0,025 \text{ m} = 25 \text{ mm}$$

Ukuran diameter pipa yang terdapat di pasaran = 42 mm

Perhitungan kehilangan tekanan mayor (Hf_{mayor}) pipa suction dengan menggunakan rumus Hazen-William:

$$\begin{aligned} Hf_{\text{mayor}} &= \left[\frac{Q}{(0,00155) D^{2.63} C} \right]^{1.85} L_{\text{pipa}} \\ &= \left[\frac{0.747 \frac{l}{\text{detik}}}{(0.00155) 4.2 \text{ cm}^{2.63} (120)} \right]^{1.85} \times 5 \text{ m} \\ &= 0,061 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3.8 Profil Hidrolis

Profil hidrolis berfungsi untuk menyatakan elevasi unit pengolahan untuk memastikan aliran air mengalir secara gravitasi. Dalam perhitungannya, perhitungan profil hidrolis dipengaruhi oleh *headloss* akibat adanya gesekan dengan media, turunan, jatuhan maupun kecepatan air selama di dalam bangunan serta beberapa faktor lain yang mempengaruhi penurunan muka air antar unit pengolahan.

Dalam perhitungan *headloss* akibat adanya kecepatan air di bangunan, menggunakan persamaan Darcy-Weisbach yang dijabarkan sebagai berikut:

$$Hf = f x \frac{L}{4R} x \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} f &= 1,5 x \left(0,01989 + \frac{0,0005078}{4R} \right) \\ L &= \text{panjang bangunan (m)} \\ v &= 0,3 \text{ m/s (kecepatan aliran)} \\ g &= 9,81 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Headloss jatuhan dan belokan didasarkan pada persamaan *Manning*. Aliran air yang masuk ke dalam pipa inlet memiliki *headloss* akibat adanya jatuhan dan belokan yang disebabkan oleh aksesoris maupun faktor lainnya yang terdapat dalam bangunan. Persamaan *Manning* dijelaskan sebagai berikut:

$$Hf = \left(\frac{v \cdot n}{1.48 R^{2/3}} \right)^2 x L$$

Dimana:

n = 0,015 (kekerasan beton)
R = jari jari hidolis (m)
L = panjang jatuhan atau belokan

Sementara *headloss* pada media filter disebabkan oleh adanya penurunan aliran air akibat adanya gesekan yang terjadi dengan media filter yang terdapat di dalam bangunan. Berikut merupakan rumus *headloss* yang digunakan dalam media filter:

$$H_f = 1,067 \frac{C_D \cdot L \cdot V_{up}^2}{\Psi \cdot d \cdot \epsilon^4 \cdot g}$$

Dimana:

$$C_D = \frac{24}{N_{Re}} + \frac{3}{\sqrt{N_{Re}}} + 0.34$$

$$N_{Re} = \frac{(\Psi \rho d V_{up})}{\mu}$$

ρ = Densitas air (0,99626 gr/cm³)

μ = Viskositas pada suhu 25°C (0,8949x10⁻³ N.det/m)

L = Tebal media (cm)

V_{up} = Kecepatan filtrasi

Ψ = Faktor bentuk (Pasir= 0,8; Antrasit= 0,75)

d = Diameter rata rata media

ϵ = Porositas media

g = 9,81 m/s

Selanjutnya untuk perhitungan *headloss* yang terjadi dalam media filter *Anaerobic Filter* dilakukan langkah langkah sebagai berikut:

a. Menghitung H_{f nozzle} dan H_{f celah Vup} dengan rumus

$$H_f = k \times \frac{v^2}{2g}$$

b. Menghitung H_{f media}

Hasil perhitungan *headloss* lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6

Tabel 4. 5 Headloss Unit Alternatif 1 (AF)

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss	Muka Air
Bak Ekualisasi			2,5
	Hf pipa influen	0,001500	2,499
	Hf jatuhan	0,000041	2,498

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss	Muka Air
	Hf kecepatan	0,000069	2,498
	Hf belokan	0,000041	2,498
	Hf pipa effluen	0,012486	2,486
Tangki Septik			2,486
kamar 1	Hf pipa influen	0,003538	2,482
	Hf jatuhan	0,000044	2,482
	Hf kecepatan	0,000074	2,482
kamar 2	Hf jatuhan	0,000074	2,482
	Hf kecepatan	0,000108	2,482
	Hf pipa efluen	0,002757	2,479
Anaerobic Filter			2,479
	Hf pipa influen	0,099887	2,379
	Hf nozzle	0,000002	2,379
	Hf celah Vup	0,000024	2,379
	Hf media	0,000023	2,379
	Hf pipa effluen	0,004942	2,374
Filter karbon			7,264
	Hf pipa influen	0,018208	7,246
	Hf media karbon	0,000540	7,246
	Hf media pasir	0,001762	7,244
	Hf pipa belokan	0,000210	7,244
	Hf pipa efluen	0,005202	7,238

Tabel 4. 6 Headloss Unit Alternatif 2 (RBC)

Bangunan	Jenis Headloss	Headloss	Muka Air (m)
Bak Ekualisasi			2,5
	Hf pipa influen	0,00150	2,50
	Hf jatuhan	0,00004	2,50
	Hf kecepatan	0,00007	2,50
	Hf belokan	0,00004	2,50
	Hf pipa effluen	0,01249	2,49
Tangki Septik			2,49
kamar 1	Hf pipa influen	0,00354	2,48

	Hf jatuhan	0,00010	2,48
	Hf kecepatan	0,00013	2,48
kamar 2	Hf jatuhan	0,00007	2,48
	Hf kecepatan	0,00011	2,48
	Hf pipa effluen	0,00796	2,47
Rotating Biological Contactor			2,47
	Hf pipa influen	0,00094	2,47
	Hf kecepatan	0,00002	2,47
	Hf pipa effluen	0,00614	2,4669
Bak pengendap 2			2,47
	Hf pipa influen	0,04370	2,42
	Hf belokan	0,00014	2,42
	Hf kecepatan	0,00020	2,42
	Hf pipa effluen	0,01332	2,410
Filter karbon			7,30
	Hf pipa influen	0,01821	7,28
	Hf media karbon	0,00054	7,28
	Hf media pasir	0,00176	7,28
	Hf pipa belokan	0,00021	7,28
	Hf pipa effluen	0,00520	7,27

4.4 Bill Of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Bill of Quantity (BOQ) bertujuan untuk mengetahui jumlah bahan atau material yang dibutuhkan untuk membangun instalasi pengolahan air limbah. Rencana Anggaran Biaya (RAB) dibuat berdasarkan BOQ untuk memperkirakan biaya yang dibutuhkan baik untuk pengadaan material maupun pembangunan fisiknya.

Tujuan perhitungan dari BOQ dan RAB ini adalah untuk mengetahui biaya investasi yang diperlukan dalam membangun kedua alternatif yang telah direncanakan. Dalam perhitungan BOQ dan RAB untuk perencanaan IPAL di rumah sakit kelas B akan digunakan daftar Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK)

tahun 2016 untuk daerah Kota Surabaya. Untuk daftar kegiatan HSPK yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.7

4.4.1 Bill Of Quantity (BOQ)

Perhitungan dalam perencanaan kedua alternatif yang digunakan meliputi pembersihan lapangan dan perataan tanah, penggalian tanah biasa untuk konstruksi, pengurugan pasir dengan dengan pemadatan, pekerjaan beton K-225, pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos), pekerjaan bekisting lantai dan dinding. Pekerjaan lain adalah pemasangan pipa air kotor 1.5" (50 mm) dan pekerjaan pompa, pipa dan aksesoris.

Dua unit alternatif yang direncanakan terdiri dari bangunan yang berbeda. Untuk anaerobic filter terdiri dari bak ekualisasi – tangki septik – anaerobic filter- desinfeksi, sementara untuk unit rotating biological contactor terdiri dari bak ekualisasi – tangki septik – rotating biological contactor – bak pengendap 2 – desinfeksi. Dalam perhitungan BOQ dari masing masing alternatif, luas bangunan yang akan dibangun berdasarkan jumlah bangunan di setiap unitnya untuk kemudian dijumlahkan.

a. Pembersihan lapangan dan perataan tanah

Rumus= luas total dari lahan yang digunakan

Alternatif 1= $69,51 \text{ m}^2$

Alternatif 2= $72,04 \text{ m}^2$

b. BOQ penggalian tanah biasa untuk konstruksi

Pada pekerjaan ini, tanah digali dengan bentuk tampak samping adalah segiempat

Rumus= panjang x lebar x (kedalaman+tebal pasir+fb+tebal lantai kerja+tebal lantai tutup)

Direncanakan:

Tebal pasir = 0.1 m

Fb = 0.3 m

Sepatu lantai = 0.3 m

Tebal tutup = 0.2 m

Perhitungan:

- Bak ekualisasi

Volume = $5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \times 2,65 \text{ m}$

- = 33,13 m³
- Tangki septik
Volume = 3,15 m x 3,5 m x 2,65 m
= 29,22 m³
- Anaerobic filter
Volume = 8,45 m x 3,5 m x 2,65 m
= 78,37 m³
- Rotating biological contactor
Volume = 5,47 m x 2,23 m x 2,15 m
= 26,23 m³
- Bak pengendap 2
Volume = 2 m x 2 m x 4,55 m
= 18,20 m³
- Desinfeksi
Volume = 0.8 m x 0.8 m x 0.9 m
= 0,58 m³

Volume galian tanah **alternatif 1** adalah 141,29 m³ sedangkan **alternatif 2** adalah 107,34 m³

c. BOQ pengurugan pasir dengan pemadatan

Rumus= (panjang)x(lebar)x(tebal pasir)

Perhitungan:

- Bak ekualisasi
Volume = 5 m x 2,5 m x 0,1 m
= 1,25 m³
- Tangki septik
Volume = 3,15 m x 3,5 m x 0,1 m
= 1,10 m³
- Anaerobic filter
Volume = 8,45 m x 3,5 m x 0,1 m
= 2,96 m³
- Rotating biological contactor
Volume = 5,47 m x 2.23 m x 0.1 m

$$= 1.22 \text{ m}^3$$

- Bak pengendap 2

$$\text{Volume} = 2 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 0,40 \text{ m}^3$$

- Desinfeksi

$$\text{Volume} = 0,8 \text{ m} \times 0,8 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$$

$$= 0.06 \text{ m}^3$$

Volume urugan tanah **alternatif 1** adalah $5,37 \text{ m}^3$
 sedangkan **alternatif 2** adalah $4,04 \text{ m}^3$

d. Pekerjaan beton K-225

Beton lantai bangunan

Rumus= Panjang x lebar x (tebal lantai kerja + tebal lantai bak)

Tebal lantai kerja + tebal lantai bak = 0.25 m

Perhitungan:

- Bak ekualisasi

$$\text{Volume} = 5,3 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 3,71 \text{ m}^3$$

- Tangki septik

$$\text{Volume} = 3,45 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 3,28 \text{ m}^3$$

- Anaerobic filter

$$\text{Volume} = 8,6 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 8,17 \text{ m}^3$$

- Rotating biological contactor

$$\text{Volume} = 5,77 \text{ m} \times 2,53 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 3,65 \text{ m}^3$$

- Bak pengendap 2

$$\text{Volume} = \frac{1}{4}\pi D_{\text{bak}}^2 + \frac{1}{4}\pi D_{\text{weir}}^2$$

$$= (1/4 \times 3,14 \times (0,36)^2 \times 0,25) + (1/4 \times 3,14 \times ((3,1)^2 - (2,3)^2) \times 0,25)$$

$$= 0,87 \text{ m}^3$$

- Desinfeksi

$$\text{Volume} = 0,65 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$$

$$= 0,18 \text{ m}^3$$

Beton dinding bangunan

Rumus= $2 \times ((\text{panjang} \times \text{tebal dinding} \times \text{tinggi} + \text{fb})) \times (\text{lebar} \times \text{tebal dinding} \times \text{tinggi} + \text{fb}))$

Tebal dinding= 0.15 m

Fb= 0.3 m

Perhitungan:

- Bak ekualisasi

$$\begin{aligned} \text{Vol} &= (2 \times ((5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}) \times (2,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}))) \\ &= 2,98 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Tangki septik

$$\begin{aligned} V &= (2 \times ((3,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}) \times (3,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}))) \\ &+ (3,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 1 \text{ buah}) \\ &= 3,66 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Anaerobic filter

$$\begin{aligned} V &= (2 \times ((8,45 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}) \times (3,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}))) \\ &+ (8,45 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 3 \text{ buah}) \\ &= 15,41 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Rotating biological contactor

$$\begin{aligned} \text{Volum e} &= (2 \times ((5,47 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) \times (2,23 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}))) \\ &= 1,78 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Bak pengendap 2

$$\begin{aligned} V &= ((1/4) \times 3,14 \times ((2,3)^2 - (2)^2) \times 4,2) + ((1/4) \times 3,14 \times ((3,6)^2 - (3,3)^2) \times 0,5) \\ &+ ((1/6) \times 3,14 \times (2)^2 \times 0,67) - ((1/6) \times 3,14 \times (0,61)^2 \times 0,67) \\ &= 4,253 \text{ m}^3 + 0,812 \text{ m}^3 + 1,396 \text{ m}^3 - 0,129 \text{ m}^3 \\ &= 6,33 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Desinfeksi

$$\begin{aligned} \text{Volu me} &= (2 \times ((0,35 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}) \times (0,35 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}))) \\ &= 0,002 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Beton tutup bangunan

Rumus= panjang x lebar x tebal tutup

Tebal tutup= 0.15 m

Perhitungan:

- Bak ekualisasi
Volume = $5,3 \text{ m} \times 2,8 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$
= $2,23 \text{ m}^3$
- Tangki septik
Volume = $3,45 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$
= $1,97 \text{ m}^3$
- Anaerobic filter
Volume = $8,75 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$
= $4,99 \text{ m}^3$

Volume lantai bangunan:

- Alternatif 1 = $15,46 \text{ m}^3$
- Alternatif 2 = $11,81 \text{ m}^3$

Volume dinding bangunan:

- Alternatif 1 = $22,05 \text{ m}^3$
- Alternatif 2 = $14,76 \text{ m}^3$

Volume tutup bangunan:

- Alternatif 1 = $9,18 \text{ m}^3$
- Alternatif 2 = $4,19 \text{ m}^3$

Volume pekerjaan beton K-225 untuk **alternatif 1** adalah $46,69 \text{ m}^3$, sedangkan **alternatif 2** adalah $30,76 \text{ m}^3$

e. Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)

volume pekerjaan ini mengacu pada perhitungan volume pekerjaan beton untuk dinding dan lantai bangunan. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya didapatkan:

Alternatif 1 = $37,51 \text{ m}^3$

Alternatif 2 = $26,57 \text{ m}^3$

Besi yang digunakan direncanakan memiliki berat 150 kg/m^3 beton sehingga didapatkan berat besi adalah:

Berat besi 1 = Alternatif 1 x berat besi
= $37,51 \text{ m}^3 \times 150 \text{ kg/m}^3$
= $5.627,13 \text{ Kg}$

Berat besi 2 = Alternatif 2 x berat besi
= $26,37 \text{ m}^3 \times 150 \text{ kg/m}^3$
= $3.985,86 \text{ Kg}$

f. Pekerjaan Bekisting Lantai

Rumus= Panjang total x lebar total

Perhitungan:

- Bak ekualisasi

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= 5,3 \text{ m} \times 3,3 \text{ m} \\ &= 14,84 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Tangki septik

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= 3,45 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \\ &= 13,11 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Anaerobik filter

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= 8,6 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} \\ &= 32,68 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Rotary biological contactor

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= 5,77 \text{ m} \times 2,53 \text{ m} \\ &= 14,60 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Bak pengendap 2

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= [1/4 \times 3,14 \times (0,61 \text{ m})^2] + [1/4 \times 3,14 \times ((3,3 \text{ m})^2 - (2,3 \text{ m})^2)] \\ &= 4,69 \text{ m}^2\end{aligned}$$

- Desinfeksi

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= 1,1 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} \\ &= 1,21 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Volume bekisting lantai **alternatif 1** adalah $61,84 \text{ m}^3$,
sedangkan **alternatif 2** adalah $48,44 \text{ m}^3$

g. Pekerjaan bekisting dinding

Rumus= $2 \times ((\text{panjang} \times \text{tebal dinding} \times \text{tinggi} + \text{fb})) \times (\text{lebar} \times \text{tebal dinding} \times \text{tinggi} + \text{fb}))$

Tebal dinding= 0.15 m

Fb= 0.3 m

Perhitungan:

- Bak ekualisasi

$$\begin{aligned}\text{Vol} &= (2 \times ((5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}) \times (2,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}))) \\ &= 2,98 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Tangki septik

$$\begin{aligned}V &= (2 \times ((3,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}) \times (3,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}))) \\ &+ (3,15 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 1 \text{ buah}) \\ &= 3,66 \text{ m}^3\end{aligned}$$

- Anaerobic filter

$$V = (2 \times ((8,45 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}) \times (3,5 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,3 \text{ m}))) + (8,45 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 2,2 \text{ m} \times 3 \text{ buah})$$

$$= 15,41 \text{ m}^3$$

- Rotating biological contactor

$$\text{Volum e} = (2 \times ((5,47 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}) \times (2,23 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 1,8 \text{ m})))$$

$$= 1,78 \text{ m}^3$$

- Bak pengendap 2

$$V = ((1/4) \times 3,14 \times ((2,3)^2 - (2)^2) \times 4,2) + ((1/4) \times 3,14 \times ((3,6)^2 - (3,3)^2) \times 0,5) + ((1/6) \times 3,14 \times (2)^2 \times 0,67) - ((1/6) \times 3,14 \times (0,61)^2 \times 0,67)$$

$$= 4,25 \text{ m}^3 + 0,81 \text{ m}^3 + 1,4 \text{ m}^3 - 0,13 \text{ m}^3$$

$$= 6,33 \text{ m}^3$$

- Desinfeksi

$$\text{Volum e} = (2 \times ((0,8 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}) \times (0,8 \text{ m} \times 0,15 \text{ m} \times 0,55 \text{ m})))$$

$$= 0,009 \text{ m}^3$$

Volume pekerjaan bekisting dinding **alternatif 1** adalah $22,05 \text{ m}^3$, sedangkan **alternatif 2** adalah $14,76 \text{ m}^3$

h. Pemasangan pipa air kotor diameter 50 mm

Pemasangan pipa air kotor diameter 50 mm dilakukan dengan mengetahui terlebih dahulu panjang pipa yang diperlukan untuk masing masing unit pengolahan.

Perhitungan:

- Alternatif 1 (AF)
 - Bak ekualisasi = 240 cm
 - Tangki septik = 73 cm
 - AF = 2295 cm
 - Karbon filter = 450 cm

Panjang keseluruhan untuk alternatif 1 adalah 3058 cm atau 30,58 m
- Alternatif 2 (RBC)
 - Bak ekualisasi = 240 cm
 - Tangki septik = 168 cm
 - RBC = 135 cm
 - Bak pengendap 2 = 745 cm

- e. Karbon filter = 650 cm
Panjang keseluruhan untuk alternatif 2 adalah 1938 cm atau 19,38 m
- i. Pekerjaan pompa, dan agitator
Perhitungan BOQ pekerjaan pompa, agitator adalah:
 - a. Pompa air limbah
Pompa yang digunakan ada 2 buah pada alternatif 1 yaitu pada bak ekualisasi, sebelum karbon filter. Alternatif 2 menggunakan 3 buah pompa yaitu pada bak ekualisasi, setelah *rotating biological contactor* dan setelah bak pengendap 2
 - b. Agitator/Impeller
Agitator/Impeller yang digunakan ada 1 buah, yaitu pada unit desinfeksi.

4.4.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah hasil perhitungan antara volume pekerjaan (BOQ) dengan harga satuan yang telah dikalikan dengan indeks yang sesuai dengan HSPK Kota Surabaya Tahun 2016. Pada analisis RAB ini akan dihitung biaya:

- Pembersihan lapangan dan perataan tanah
- Penggalan tanah biasa untuk konstruksi
- Pengurugan pasir dengan pemadatan
- Pekerjaan beton K-225
- Pekerjaan pembesian dengan besi beton (polos)
- Pekerjaan bekisting lantai
- Pekerjaan bekisting dinding
- Pemasangan pipa air kotor diameter 50 mm
- Pengadaan pompa, agitator, dan pipa serta komponen lainnya.

Nilai satuan perhitungan RAB per jenis kegiatan dapat dilihat pada Tabel 4.7

Tabel 4. 7 Nilai Satuan Perhitungan RAB Per Jenis Kegiatan

N o.	Analisis	Satuan	Indek s	Upah/Har ga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
1	Pembersihan lapangan dan perataan tanah				

N o.	Analisis	Satuan	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
	Mandor	oranghari	0,05	158.000	7.900
	Pembantu tukang	oranghari	0.10	110.000	11.000
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	18.900
2	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi				
	Mandor	oranghari	0,03	158.000	3.950
	Pembantu tukang	oranghari	0,75	110.000	82.500
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	86.450
3	Pengurugan pasir dengan pemadatan				
	Bahan				
	Pasir urug	m ³	1,20	150.200	180.240
	Upah				
	Mandor	oranghari	0,01	158.000	1.580
	Pembantu tukang	oranghari	0,30	110.000	33.000
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	214.820
4	Pekerjaan beton K-225				
	Bahan				
	Semen PC 40 Kg	zak	9,275	60.700	562.992
	Pasir cor	m ³	0,436	243.000	105.948
	Batu pecah mesin 1/2 cm	m ³	0,551	487.900	268.833
	Air kerja	liter	215	28	6.020

N o.	Analisis	Satuan	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
	Upah				
	Mandor	oranghari	0,08	158.000	13.114
	Kepala tukang batu	oranghari	0,03	148.000	4.144
	Tukang batu	oranghari	0,28	121.000	33.275
	Pembantu tukang	oranghari	1,65	110.000	181.500
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	1.175.826
5	Pekerjaan pembesian dengan beton (polos)				
	Bahan				
	Besi beton polos	kg	1,05	12.500	13.125
	Kawat beton	kg	0,02	25.500	383
	Upah				
	Mandor	oranghari	0,000 4	158.000	63
	Kepala tukang besi	oranghari	0,000 7	148.000	104
	Tukang besi	oranghari	0,01	121.000	847
	Pembantu tukang	oranghari	0,01	110.000	770
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	15.291
6	Pekerjaan bekisting lantai				
	Bahan				
	Paku usuk	kg	0,40	19.800	7.920

N o.	Analisis	Satuan	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
	Plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	lembar	0,35	121.400	42.490
	Kayu meranti bekisting	m ³	0,04	3.350.400	134.016
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	m ³	0,02	4.711.500	70.673
	Minyak bekisting	liter	0,20	29.600	5.920
	Upah				
	Mandor	oranghari	0,033	158.000	5.214
	Kepala tukang kayu	oranghari	0,033	148.000	4.884
	Tukang kayu	oranghari	0,33	121.000	39.930
	Pembantu tukang	oranghari	0,66	110.000	72.600
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	383.647
7	Pekerjaan bekisting dinding				
	Bahan				
	Paku usuk	kg	0,40	19.800	7.920
	Plywood uk. 122 x 244 x 9 mm	lembar	0,35	121.400	42.490
	Kayu meranti bekisting	m ³	0,03	3.350.400	100.512
	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	m ³	0,02	4.711.500	94.230
	Minyak bekisting	liter	0,20	29.600	5.920
	Upah				
	Mandor	oranghari	0,033	158.000	5.214
	Kepala tukang	oranghari			

N o.	Analisis	Satuan	Indeks	Upah/Harga Material (Rp)	Harga Satuan (Rp)
	kayu		0.033	148.000	4.884
	Tukang kayu	oranghari	0,33	121.000	39.930
	Pembantu tukang	oranghari	0,66	110.000	72.600
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	373.700
8	Pemasangan pipa air kotor diameter 2" (50 mm)				
	Bahan				
	Pipa plastik PVC Tipe C Uk. 2 inchi Pj. 4mtr	batang	0,30	50.000	15.000
	Pipa plastik PVC Tipe C Uk. 2 inchi Pj. 4mtr	batang	0,105	50.000	5.250
	Upah				
	Mandor	oranghari	0,0027	158.000	427
	Kepala tukang	oranghari	0,009	148.000	1.332
	Tukang	oranghari	0,09	121.000	10.890
	Pembantu tukang	oranghari	0,05	110.000	5.940
	Total per 1 m³			Nilai HSPK	38.839

Untuk BOQ pengadaan pompa, media filter, impeller, serta komponen lainnya dikenakan biaya upah pekerja yakni sebesar Rp. 53.000.

Dilakukan perhitungan rencana anggaran biaya untuk pembangunan unit unit IPAL kedua alternatif. Hasil rekapitulasi RAB kedua alternatif dapat dilihat dalam Tabel 4.8 dan Tabel 4.9

Tabel 4. 8 Hasil Rekapitulasi RAB Alternatif 1 (AF)

N o.	Uraian pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Pembersihan lapangan dan perataan tanah	m ²	70,57	18.900	1.333.773
2	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	141,29	86.450	12.214.607
3	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	5,37	214.820	1.154.443
4	Pekerjaan beton K-225	m ³	46,69	1.175.826	54.904.234
5	Pekerjaan pembesian dengan beton (polos)	kg	5.627,13	15.291	86.046.057
6	Pekerjaan bekisting lantai	m ²	61,84	383.647	23.724.700
7	Pekerjaan bekisting dinding	m ³	22,05	373.700	8.241.642
8	Pemasangan pipa air kotor diameter 2" (50 mm)	m	31,65	38.839	1.229.242
9	Pengadaan pompa	buah	4,00	9.350.000	37.400.000
10	Pengadaan media sarang tawon	m ²	21,61	46.000	994.060
11	Pengadaan tangki filter karbon	buah	1,00	5.750.000	5.750.000
12	Media kerikil	kg	32,24	6.500	209.530
13	Media pasir	m ³	34,80	185.000	6.438.000
14	Aksesoris				
	Elbow ø 25 mm	buah	1,00	32.115	32.115
	Elbow ø 50 mm	buah	5,00	35.615	178.075
	Check valve ø 50 mm	buah	5,00	163.500	817.500
	Tee all flange ø 50	buah			

N o.	Uraian pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
	mm		17,00	87.000	1.479.000
15	Impeller	buah	1,00	7.500.000	7.500.000
				jumlah	249.646.978

Tabel 4. 9 Hasil Rekapitulasi RAB Alternatif 2 (RBC)

N o.	Uraian pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
1	Pembersihan lapangan dan perataan tanah	m ²	73,10	18.900	1.381.581
2	Penggalian tanah biasa untuk konstruksi	m ³	107,34	86.450	9.279.817
3	Pengurugan pasir dengan pemadatan	m ³	4,04	214.820	867.080
4	Pekerjaan beton K-225	m ³	30,76	1.175.826	36.174.216
5	Pekerjaan pembesian dengan beton (polos)	kg	3.985,86	15.291	60.949.048
6	Pekerjaan bekisting lantai	m ²	48,44	383.647	18.585.505
7	Pekerjaan bekisting dinding	m ³	14,76	373.700	5.515.431
8	Pemasangan pipa air kotor diameter 2" (50 mm)	m	22,60	38.839	877.752
9	Pengadaan pompa	buah	6,00	9.350.000	56.100.000
10	Pengadaan RBC	buah	1,00	150.000.000	150.000.000
11	Pengadaan tangki filter karbon	buah	1,00	5.750.000	5.750.000
12	Media kerikil	kg	32,24	6.500	209.530

N o.	Uraian pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Harga Total (Rp)
13	Media pasir	m ³	34,80	185.000	6.438.000
14	Aksesoris				
	Elbow ø 25 mm	buah	1,00	32.115	32.115
	Elbow ø 50 mm	buah	9,00	35.615	320.535
	Check valve ø 50 mm	buah	7,00	163.500	1.144.500
	Tee all flange ø 50 mm	buah	1,00	87.000	87.000
15	Impeller	buah	1,00	7.500.000	7.500.000
				jumlah	352.127.961

Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap biaya operasi IPAL dari masing masing kedua unit alternatif, hal tersebut perlu dilakukan, karena hasil dari perhitungan ini akan menentukan alternatif mana yang akan diaplikasikan berdasarkan biaya yang lebih sedikit dalam segi operasional.

Biaya operasional adalah biaya yang dikeluarkan oleh pengelola IPAL untuk mendukung operasi selama proses pengolahan berlangsung. Biaya operasional berasal dari biaya penggunaan listrik dan dari gaji yang dibayarkan untuk operator. Tarif listrik per kWh per Juni 2017, dapat dilihat dalam Lampiran D

a. Alternatif 1 (AF)

- Perhitungan konsumsi listrik dari pompa, lampu dan juga impeller. Perhitungan konsumsi listrik untuk alternatif 1 dapat dilihat dalam Tabel 4.10

Tabel 4. 10 Konsumsi Listrik Per Hari Alternatif 1 (AF)

Bangunan	Peralatan	Jumlah	Daya (kW)	Periode beroperasi per hari (jam)	Jumlah kWh/hari
Bak ekualisasi	Pompa air limbah	2	1,3	12	31,2

Bangunan	Peralatan	Jumlah	Daya (kW)	Periode beroperasi per hari (jam)	Jumlah kWh/hari
Filter karbon	Pompa air limbah	2	1,3	8	20,8
Desinfeksi	Impeller	1	0,5	4	2
Semua unit	Lampu	8	0,05	14	5,6
Total					59,6

Total biaya pemakaian listrik selama sebulan adalah sebagai berikut.

Harga listrik/kWh = Rp. 1.467,28

Total biaya listrik per hari = 59,6 kWh x Rp. 1.467,28
= Rp. 87.450,00

Total biaya listrik per bulan = 30 hari x Rp. 87.450,00
= Rp. 2.623.497,00

- Perhitungan biaya lain yaitu gaji operator selama sebulan. Operator yang dipekerjakan berjumlah 2 orang dengan gaji sebesar Rp. 3.000.000. Sehingga biaya yang dikeluarkan untuk gaji operator adalah
= 2 x Rp. 3.000.000,00 = Rp. 6.000.000,00

Biaya total untuk pengoperasian IPAL alternatif selama satu bulan adalah:

Biaya listrik = Rp. 2.623.497,00

Biaya lain = Rp. 6.000.000,00

Total biaya = Rp. 8.623.497,00

b. Alternatif 2 (RBC)

- Perhitungan konsumsi listrik dari pompa, lampu dan satu unit RBC serta impeller. Perhitungan konsumsi listrik untuk alternatif 2 dapat dilihat dalam Tabel 4.11

Tabel 4. 11 Konsumsi Listrik Per Hari Alternatif 2 (RBC)

Bangunan	Peralatan	Jumlah	Daya (kW)	Periode beroperasi per hari (jam)	Jumlah kWh/hari
Bak ekualisasi	Pompa air limbah	2	1,3	12	31,2
RBC	Unit	1	0,75	24	18

Bangunan	Peralatan	Jumlah	Daya (kW)	Periode beroperasi per hari (jam)	Jumlah kWh/hari
	RBC				
Bak pengendap 2	Pompa air limbah	2	1,3	12	31,2
Filter karbon	Pompa air limbah	2	1,3	8	20,8
Desinfeksi	Impeller	1	0,5	4	2
Semua unit	Lampu	8	0,05	14	5,6
Total					108,8

Total biaya pemakaian listrik selama sebulan adalah sebagai berikut.

Harga listrik/kWh = Rp. 1.467,28

Total biaya listrik per hari = 108,8 kWh x Rp. 1.467,28

= Rp. 159.640,00

Total biaya listrik per bulan = 30 hari x Rp. 159.640,00

= Rp. 4.789.202,00

- Perhitungan biaya lain yaitu gaji operator selama sebulan. Operator yang dipekerjakan berjumlah 2 orang dengan gaji sebesar Rp. 3.000.000. Sehingga biaya yang dikeluarkan untuk gaji operator adalah
= 2 x Rp. 3.000.000 = Rp. 6.000.000

Biaya total untuk pengoperasian IPAL alternatif selama satu bulan adalah:

Biaya listrik = Rp. 4.789.202,00

Biaya lain = Rp. 6.000.000,00

Total biaya = Rp. 10.789.202,00

4.5 Pembahasan Perbandingan Kedua Alternatif IPAL

Setelah dilakukan perhitungan DED, gambar detail, perhitungan volume pekerjaan dari masing masing unit alternatif yang dipilih, selanjutnya adalah dilakukan perbandingan terhadap kekurangan dan kelebihan dari kedua unit yang dipilih. Hal yang dibandingkan berupa kebutuhan lahan IPAL, efisiensi pengolahan, kualitas effluent air limbah terolah, dan biaya pembangunan IPAL serta biaya operasi. Berdasarkan hasil

perbandingan tersebut akan disimpulkan unit alternatif mana yang akan dipilih untuk diaplikasikan.

4.5.1 Efisiensi Pengolahan IPAL

Perbandingan efisiensi pengolahan dari kedua alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.12

Tabel 4. 12 Perbandingan Efisiensi Penyisihan Kedua Alternatif

Alternatif	Efisiensi Penyisihan (%)		
	BOD	COD	TSS
Anaerobic filter	73%	66%	69%
Rotating Biological Contactor	76%	64%	63%

Berdasarkan Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa alternatif 1 (AF) memiliki efisiensi lebih besar untuk parameter COD dan TSS dibandingkan alternatif 2 (RBC). Sedangkan berdasarkan Tabel 4.10 dapat diketahui bahwa alternatif 2 memiliki efisiensi lebih besar untuk parameter BOD.

4.5.2 Volume Bangunan IPAL

Perbandingan volume bangunan dari kedua alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.13

Tabel 4. 13 Perbandingan Volume Kedua Alternatif

Bangunan	Volume Efektif Bangunan (m ³)	
	Alternatif 1 (AF)	Alternatif 2 (RBC)
Bak Ekualisasi	25	25
Tangki Septik	22,05	22,05
Anaerobic Filter	59,15	
Rotating Biological Contactor		18,30
Bak Pengendap 2		48,98
Filter Karbon	18,04	18,04
Desinfeksi	0,10	0,10
Jumlah	124,34	132,47

Berdasarkan Tabel 4.11 dapat diketahui bahwa alternatif 2 memiliki volume bangunan efektif yang lebih besar dibanding alternatif 1

4.5.3 Biaya Pembangunan IPAL

Perbandingan biaya pembangunan dari kedua alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4. 14 Perbandingan Biaya Pembangunan IPAL

Biaya Pembangunan IPAL	
Alternatif 1 (AF)	Alternatif 2 (RBC)
Rp. 249.646.978,00	Rp. 352.127.961

Berdasarkan Tabel 4.12 dapat diketahui bahwa alternatif 2 memiliki biaya pembangunan IPAL yang lebih besar dibanding alternatif 1

4.5.4 Biaya Operasi IPAL

Perbandingan biaya pembangunan dari kedua alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4. 15 Perbandingan Biaya Operasi IPAL

Biaya Operasional IPAL	
Alternatif 1 (AF)	Alternatif 2 (RBC)
Rp. 8.623.497,00	Rp. 10.789.202,00

Berdasarkan Tabel 4.13 dapat diketahui bahwa alternatif 2 memiliki biaya pembangunan IPAL yang lebih besar dibanding alternatif 1

4.5.5 Kelebihan dan Kekurangan Masing Masing Unit

Pada sub bab ini dijelaskan mengenai kelebihan dan kekurangan dari masing masing unit. Kedua alternatif memiliki pengolahan primer dan lanjutan yang sama, maka yang dibandingkan adalah unit pengolahan biologisnya saja, yaitu anaerobic filter dan rotary biological contactor. Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan dari masing masing unit.

Anaerobic filter

Kelebihan:

1. Adanya potensi pemanfaatan biogas
2. Volume bangunan efektif yang dibutuhkan lebih kecil

Kekurangan:

1. Jumlah lumpur yang dihasilkan lebih banyak

Rotary biological contactor

Kelebihan:

1. Lumpur yang dihasilkan lebih sedikit

Kekurangan:

1. Hasil samping dari proses pengolahan biologis hanya berupa lumpur, tidak ada potensi biogas dari proses pengolahan biologis
2. Volume bangunan efektif yang dibutuhkan lebih besar

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari perencanaan IPAL medis dengan teknologi *anaerobic filter* dan *rotating biological contactor* di rumah sakit kelas B Surabaya adalah sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan desain IPAL medis untuk unit *anaerobic filter* adalah bak ekualisasi (5m x 2,5m x 2m), tangki septik kompartemen 1 (2m x 3,5m x 2m), tangki septik kompartemen 2 (1m x 3,5m x 2m), *anaerobic filter* (2m x 3,5m x 2m) sebanyak 4 kompartemen, carbon filter (diameter 1,3 m dan tinggi 3,4 m), dan desinfeksi (20 cm x 20 cm x 45 cm). untuk unit *rotating biological contactor* adalah bak ekualisasi (6m x 3m x 2m), tangki septik kompartemen 1 (2m x 3,5m x 2m), tangki septik kompartemen 2 (1m x 3,5m x 2m), *rotating biological contactor* (5,47 m x 2,23 m), bak pengendap 2 (diameter 2 m dan tinggi 4.2 m), carbon filter (diameter 1,3 m dan tinggi 3,4 m), dan desinfeksi (80 cm x 80 cm x 45 cm)
2. Volume efektif yang dibutuhkan dari seluruh unit *anaerobic filter* adalah 124,34 m³ sedangkan untuk unit *rotating biological contactor* adalah 132,47 m³
3. Unit *anaerobic filter* memiliki kelebihan adanya potensi produk biogas yang besar yang bisa dimanfaatkan, volume bangunan efektif yang dibutuhkan lebih kecil, dan biaya pembangunan serta biaya operasi yang lebih kecil. Kekurangan dari unit *anaerobic filter* adalah volume lumpur yang dihasilkan lebih besar. Persentase removal dari parameter BOD; COD; dan TSS adalah 73%; 66%; dan 69%. Unit *rotating biological contactor* memiliki kelebihan volume produksi lumpur yang lebih kecil. Kekurangan dari unit *rotating biological contactor* adalah tidak adanya potensi biogas dari produk samping pengolahan, volume bangunan efektif lebih besar, dan biaya pembangunan serta biaya operasional yang lebih besar. Persentase removal dari parameter BOD; COD; dan TSS adalah 76%; 64%; dan 63%.

5.2 Saran

Saran untuk perencanaan kedepan dari hasil perencanaan IPAL medis untuk rumah sakit kelas B adalah sebagai berikut:

1. Perlu pengkajian lebih lanjut terhadap removal untuk parameter N dan P.
2. Melakukan pengkajian terhadap biaya yang dibutuhkan dalam pemeliharaan unit unit yang digunakan dalam IPAL.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Ervin Silviana. 2014. **Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Dr. M. Soewandhi Surabaya**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Anonim. 2001. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air**.
- Alamsyah, Bestari. 2007. **Pengelolaan Limbah di Rumah Sakit Pupuk Kaltim Bontang Untuk Memenuhi Baku Mutu Lingkungan**. Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro. Semarang
- Asmarhany, Chandra Dewi. 2014. **Pengelolaan Limbah Medis Padat di Rumah Sakit Umum Daerah Kelet Kabupaten Jepara**. Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Awaluddin, N. 2007. **Teknologi Pengolahan Air Tanah sebagai Sumber Air Minum pada Skala Rumah Tangga: Peran Mahasiswa dalam Aplikasi Keteknikan Menuju Globalisasi Teknologi**. Jakarta: Pekan Apresiasi LEM – FTSP UII. 17 – 18 Desember.
- Ayuningtyas, Ratna Dewi. 2009. **Proses Pengolahan Limbah Cair di RSUD Moewardi Surakarta**. Tugas Akhir Program D-III Hiperkes dan Keselamatan Kerja Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Benefield, Larry D., Randall, dan Clifford, W. 1982. **Biological Process Design for Wastewater Treatment**. Prentice Hall.
- Bilal, Ahmad Rahmat Habibi. 2014. **Perbandingan Desain IPAL *Fixed-Medium System Anaerobic Filter* dengan *Aerobic Rotating Biological Contactor* untuk Pusat Pertokoan di Surabaya**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Chrisafitri, Rr. Adistya dan Nieke Karnaningroem. 2012. **Pengolahan Air Limbah Pencucian Mobil dengan**

Reaktor Saringan Pasir Lambat dan Karbon Aktif.
Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya

- Halimatussa'diyah. 2005. **Perencanaan Peningkatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSUD Sidoarjo.** Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Hamid, Abdul. 2014. **Perbandingan Desain IPAL Proses *Attached Growth Anaerobic Filter* dengan *Suspended Growth Anaerobic Baffled Reactor* untuk Pusat Pertokoan di Surabaya.** Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Liu, Q., Zhou, Y., Chen, L. dan X. Zheng, 2010. **Application of MBR for Hospital Wastewater Treatment in China. *Journal of Desalination*. 250: 605-608.**
- Marsona, Siti. 2007. **Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah RSUD Pandeglang.** Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Masduqi, Ali, dan Assomadi, Abdu F. 2012. **Operasi dan Proses Pengolahan Air.** Surabaya: ITS Press.
- Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia. 2009. **Undang-undang Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2009 tentang Rumah Sakit.** Jakarta.
- Menteri Kesehatan. 2004. **Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 56 tentang Klasifikasi dan Perizinan Rumah Sakit.** Jakarta
- Menteri Kesehatan. 2011. **Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan.** Jakarta
- Menteri Lingkungan Hidup. 1995. **Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 58 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Rumah Sakit.** Jakarta

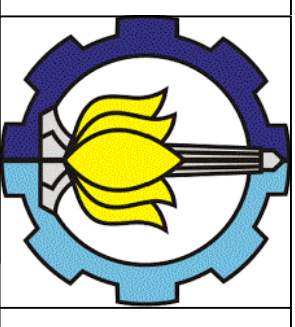
- Morimura, T. dan Noerbambang, S.M, 2005. **Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing**. PT.Pradnya Paramita. Jakarta
- Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Timur. 2013. **Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya**. Surabaya
- Prastiwi, Priska Ramadhanti. 2015. **Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah pada Rumah Sakit Umum Jayapura**. Malang: Universitas Brawijaya.
- Priyanka, Arina. 2015. **Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center (Studi Perbandingan dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Indonesia. Depok
- Puspitahati, Cony. 2012. **Studi Kinerja Biosand Filter dalam Mengolah Limbah Laundry dengan Parameter Fosfat**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Sasse, L., 1998. **DEWATS. Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries**. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA).
- Said, Nusa Idaman. 2005. "Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Reaktor Biologis Putar (*Rotating Biological Contactor*) dan Parameter Disain". **Jurnal Air Indonesia**, Vol. 1, No. 2.
- Said, Nusa Idaman dan Heru Dwi Wahjono. 1999. **Teknologi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem "Biofilter Anaerob-Aerob"**. Jakarta
- Setiyawan, Aria dan Bayu Hari. 2010. **Karakteristik Proses Klarifikasi dalam Sistem Nitrifikasi-Denitrifikasi Pengolahan Limbah Cair dengan Kandungan N-NH₃ Tinggi**. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sitepu, P. Y. Br., Nurmaini, dan Dharma, S. 2015. **Sistem Pengelolaan Limbah Medis Padat dan Cair serta Faktor-faktor yang Berkaitan dengan Pelaksanaan**

Pengelolaan Limbah Medis Padat dan Cair di Rumah Sakit Umum Kabanjahe Kabupaten Karo Tahun 2015.

Medan: Universitas Sumatera Utara.

Tchobanoglous, G., Franklin, L.B., dan S. H. David, 2003.

Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5th Edition. New York: McGraw Hill.



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi Anaerobic
Filter dan Rotating Biological
Contactor Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

Nama Pembimbing

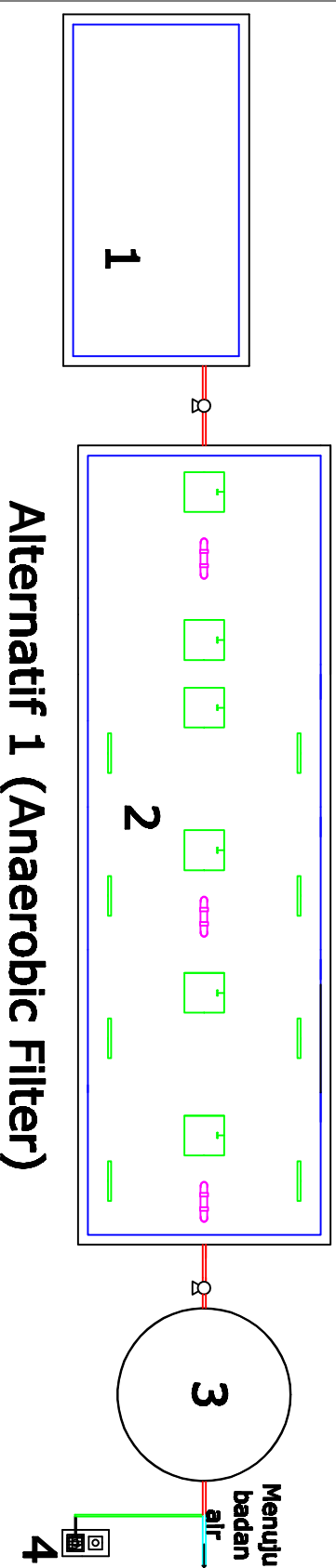
Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

Legenda

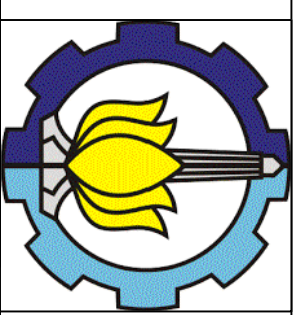
1. Bak Ekualisasi
2. Tangki Septik + AF
3. Filter
4. Desinfeksi

Judul Gambar
Lay Out Unit Anaerobic Filter

No. Gambar	Skala
1	1:100



Alternatif 1 (Anaerobic Filter)



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi Anaerobic
Filter dan Rotating Biological
Contactor Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

Nama Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

Legenda

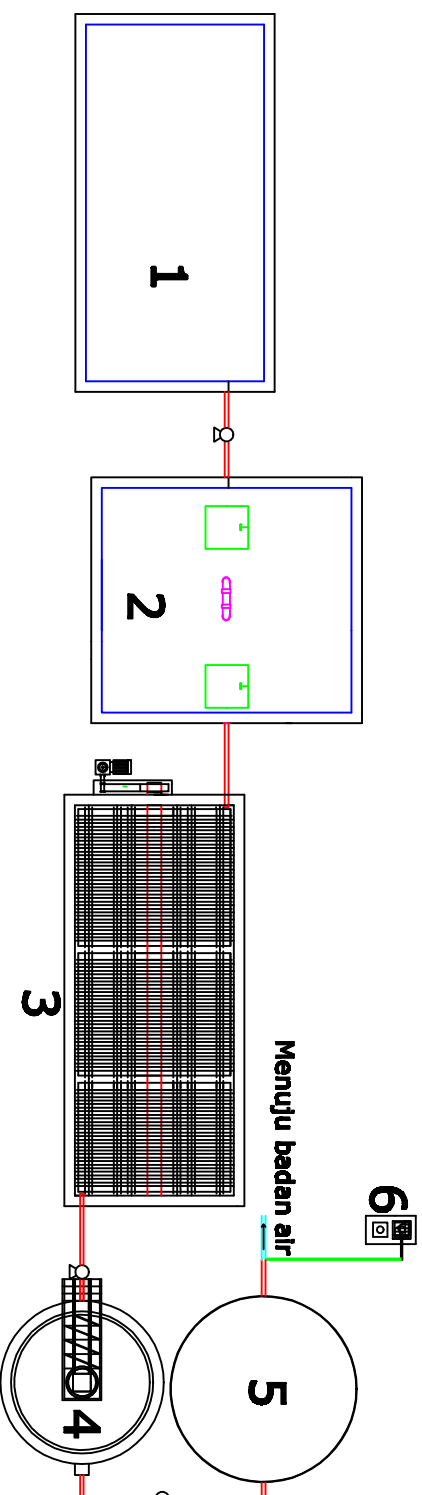
1. Bak Ekuualisasi
2. Tangki Septik
3. RBC
4. Bak Pengendap 2
5. Filter
6. Desinfeksi

Judul Gambar

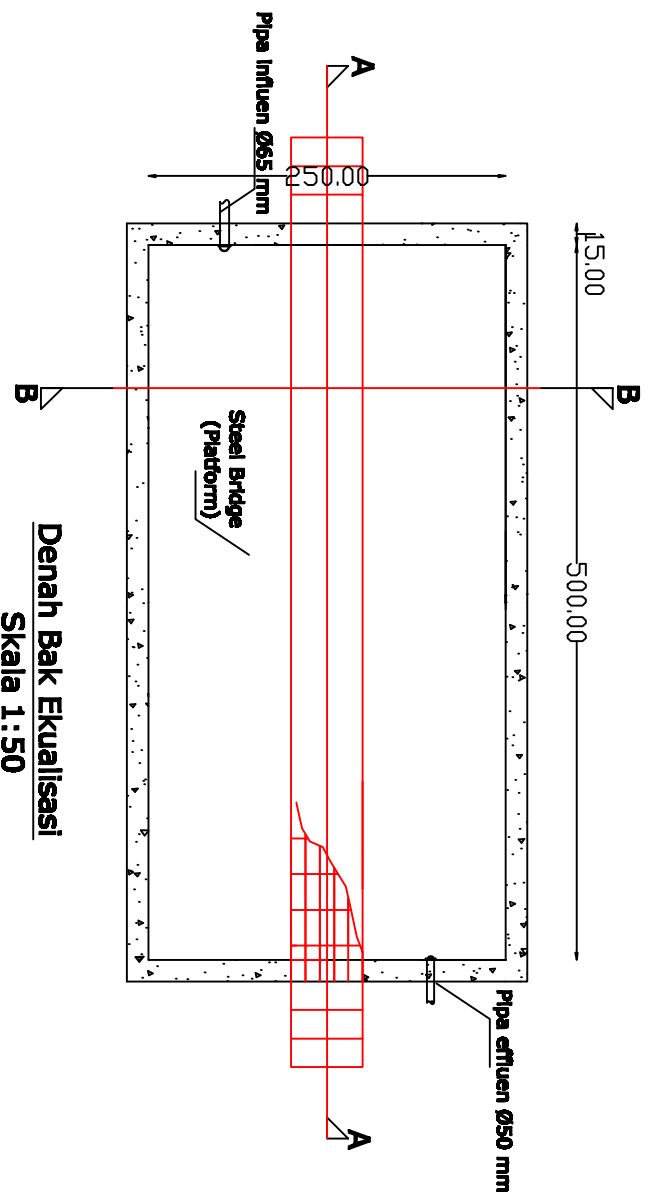
Lay Out
Rotating Biological Contactor

No. Gambar
2

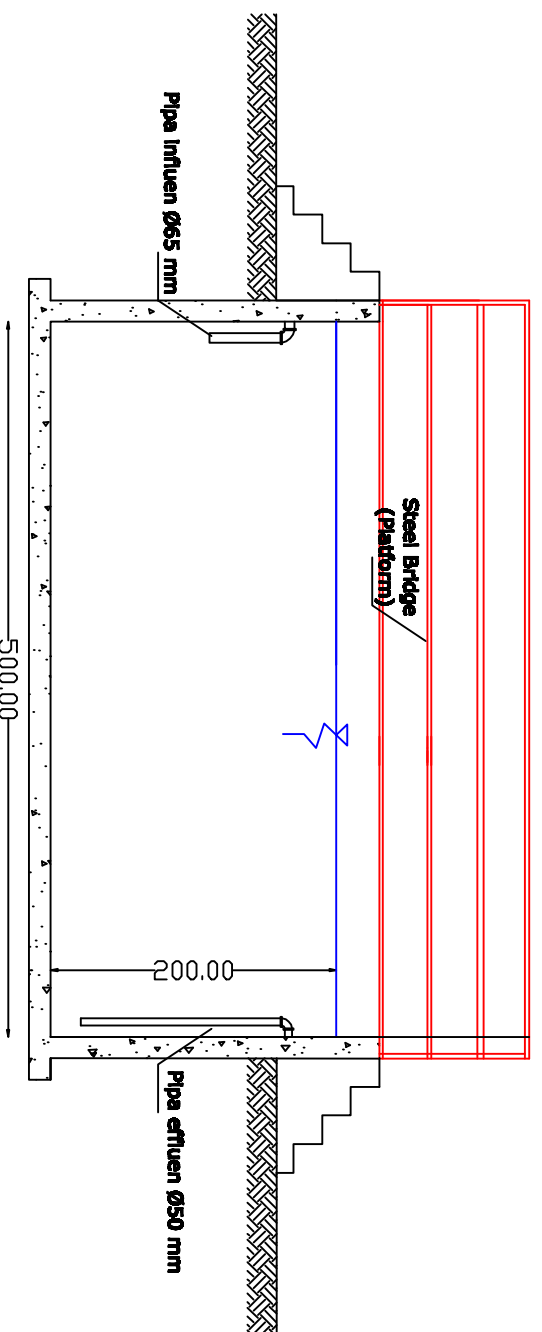
Skala
1:100



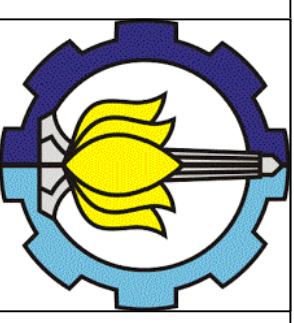
Alternatif 2 (Rotating Biological Contactor)



Denah Bak Ekualisasi
Skala 1:50



Potongan A-A
Skala 1:50



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi *Anaerobic
Filter* dan *Rotating Biological
Contactor* Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

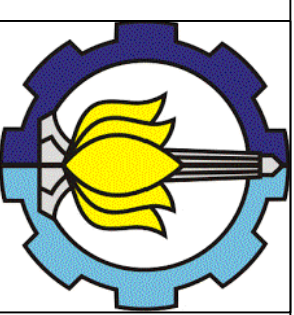
Nama Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

Legenda

- Beton
- Tanah
- Muka Air

Judul Gambar
Denah Bak ekualisasi
dan Potongan A-A
No. Gambar 3
Skala 1:50



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi Anaerobic
Filter dan Rotating Biological
Contactor Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

Nama Pembimbing

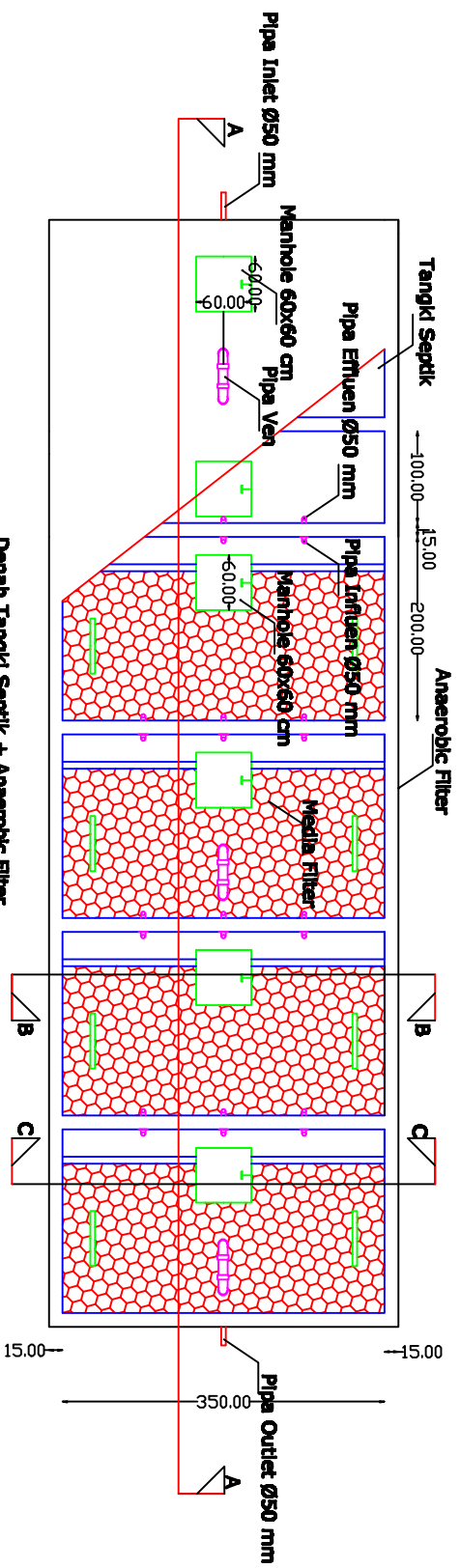
Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

Legenda
 Media Filter

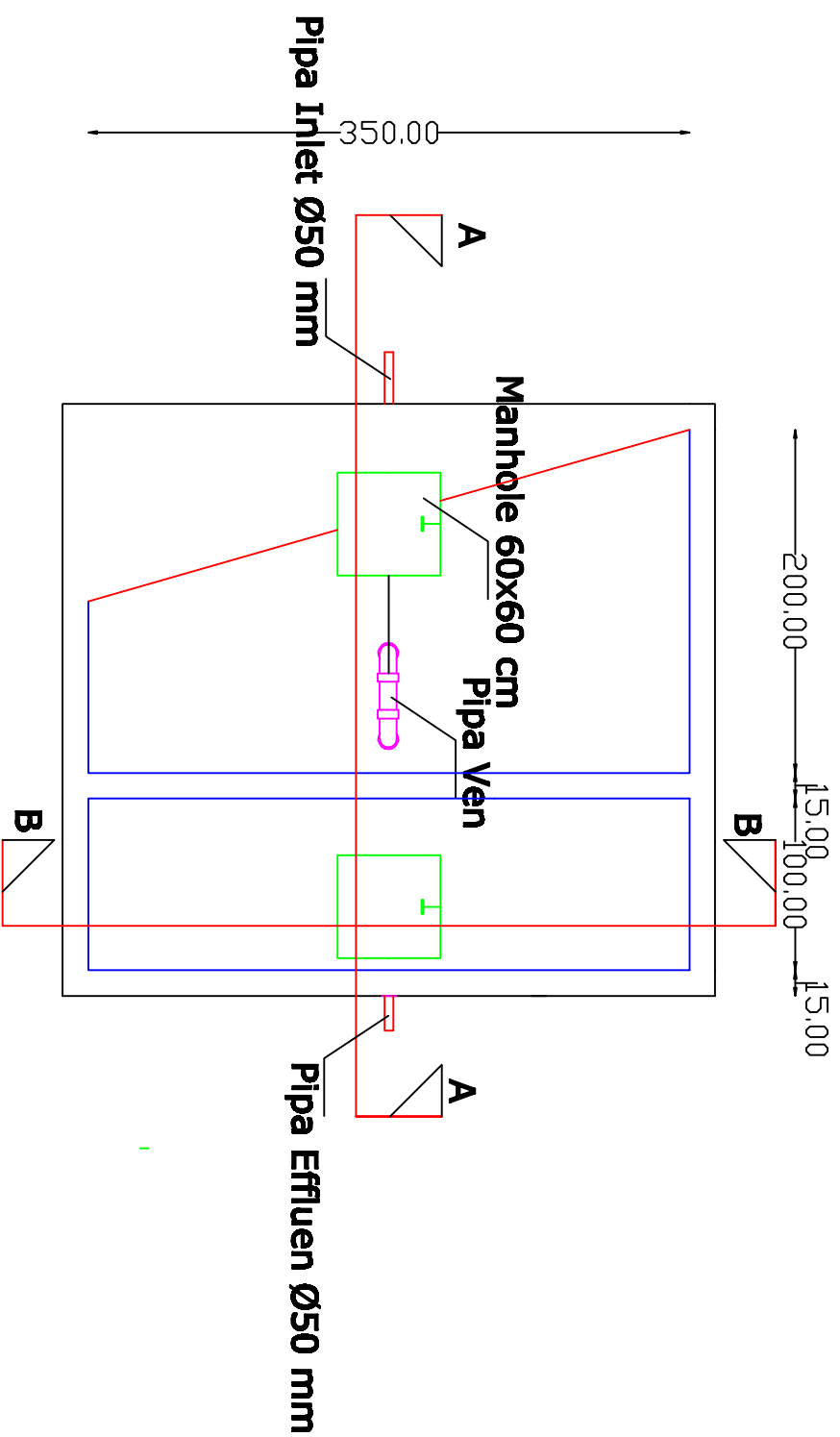
Judul Gambar
Denah Tangki Septik + Af

No. Gambar
5

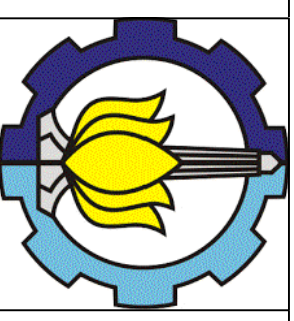
Skala
1:75



Denah Tangki Septik + Anaerobic Filter
Skala 1:75



Denah Tangki Septik
Skala 1:40



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi *Anaerobic
Filter* dan *Rotating Biological
Contactor* Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

Nama Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

Legenda

Judul Gambar
Denah Tangki Septik

No. Gambar
7
Skala
1:40



**Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi Anaerobic
Filter dan Rotating Biological
Contactor Di Rumah Sakit
Kelass B Surabaya**

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

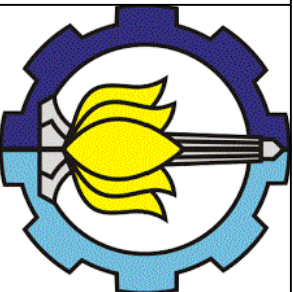
**Prof. Dr. Ir. Nleke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001**

Beton **Sludge**

Muka Air

Potongan A-A, dan B-B
Tangkai Septik

No. Gambar	Skala
8	1:50



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi Anaerobic
Filter dan Rotating Biological
Contactor Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

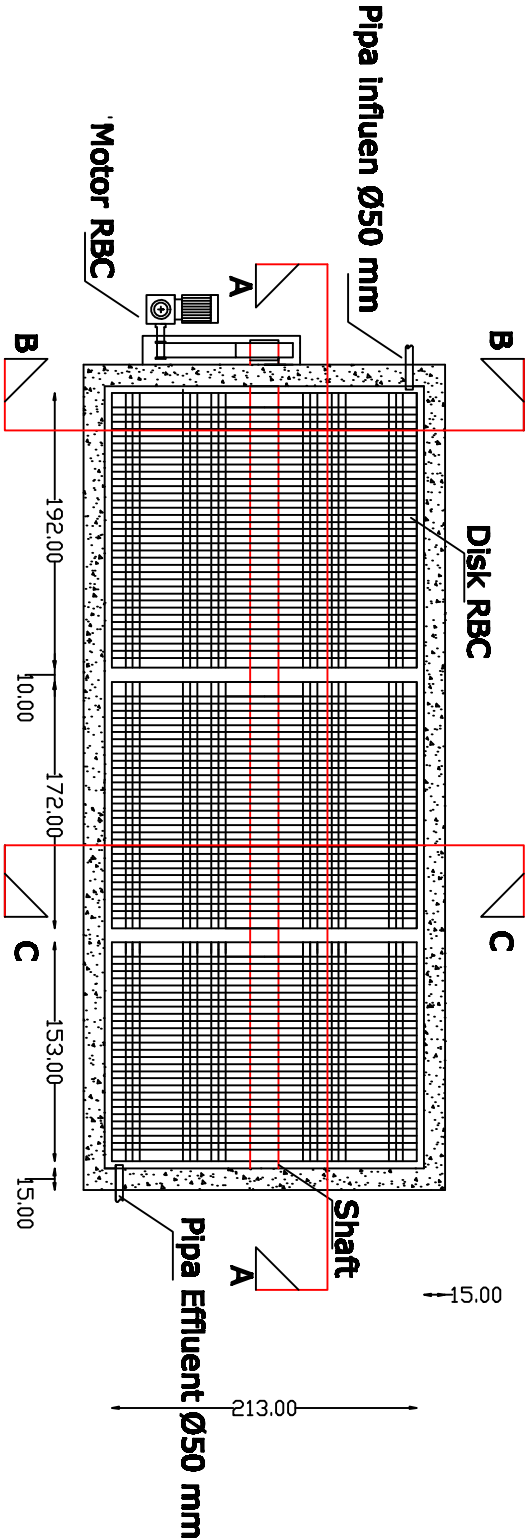
Nama Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

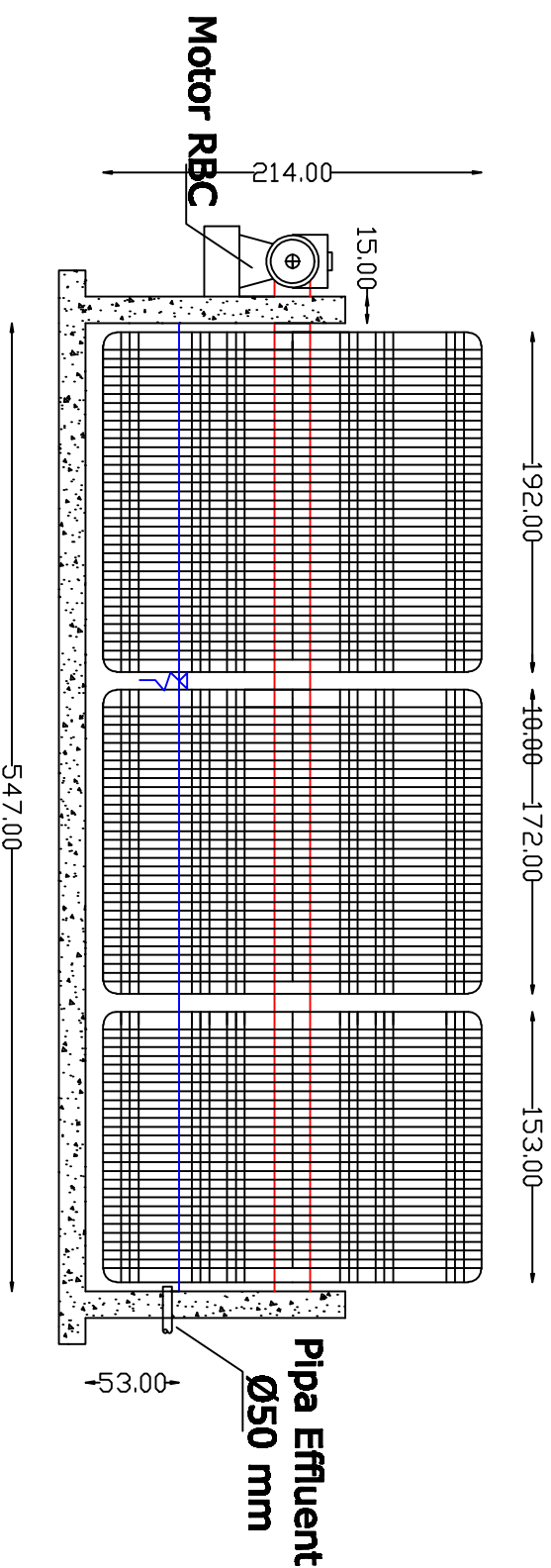
Legenda



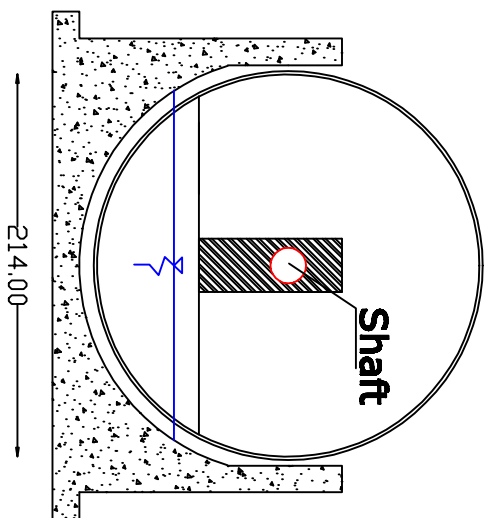
Beton



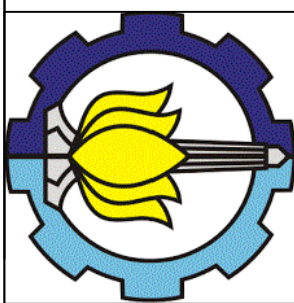
Denah Rotating Biological Contactor
Skala 1:50



Potongan A-A
Skala 1:40



Potongan B-B
Skala 1:40



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi *Anaerobic
Filter* dan *Rotating Biological
Contactor* Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

Nama Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

Legenda

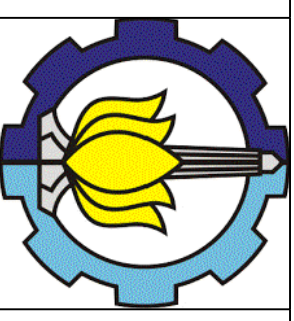
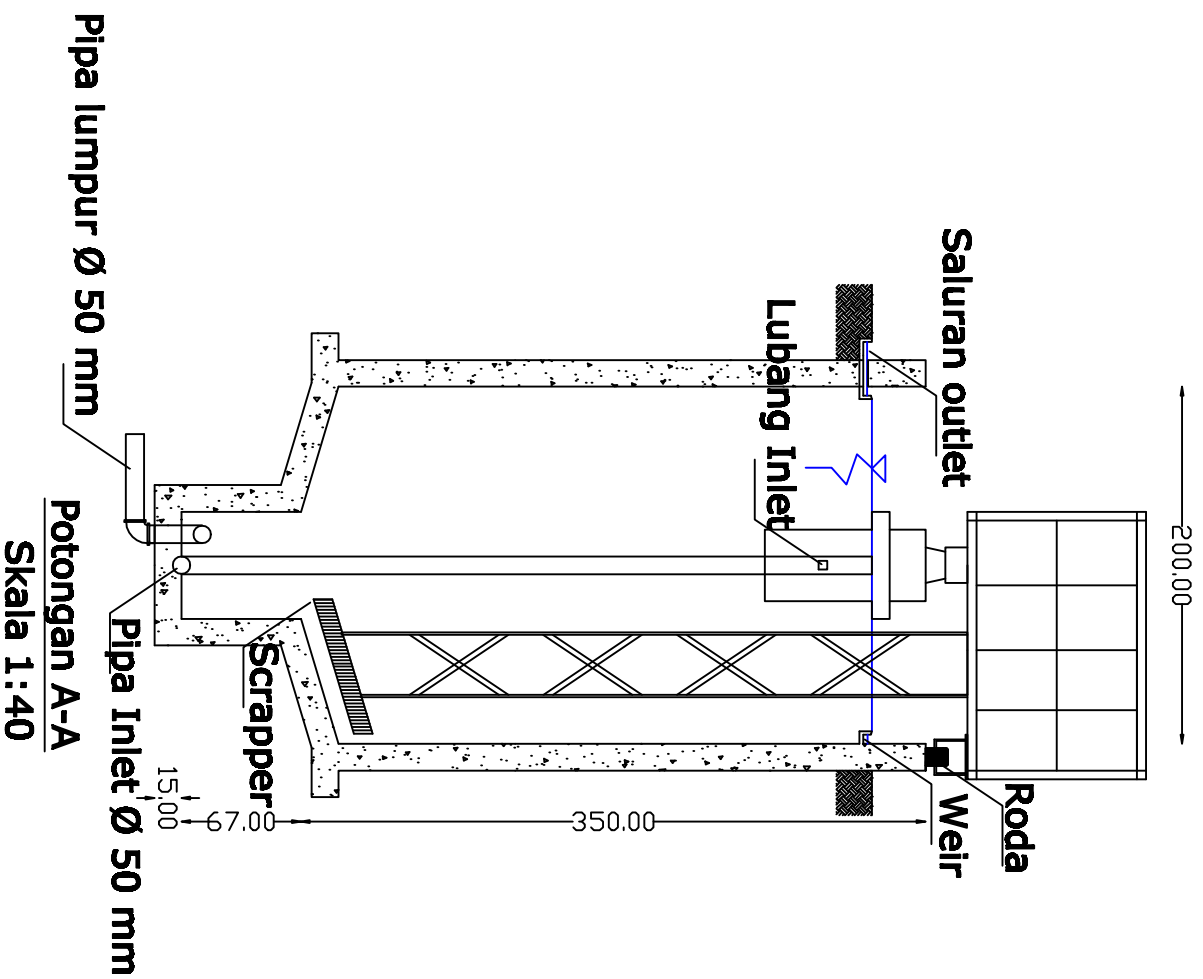
■ Beton ○ Shaft

▨ Penyangga

Σ Muka Air

Judul Gambar
Potongan A-A dan B-B RBC

No. Gambar 10 Skala 1:40



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi Anaerobic
Filter dan Rotating Biological
Contactor Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya




Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

Nama Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

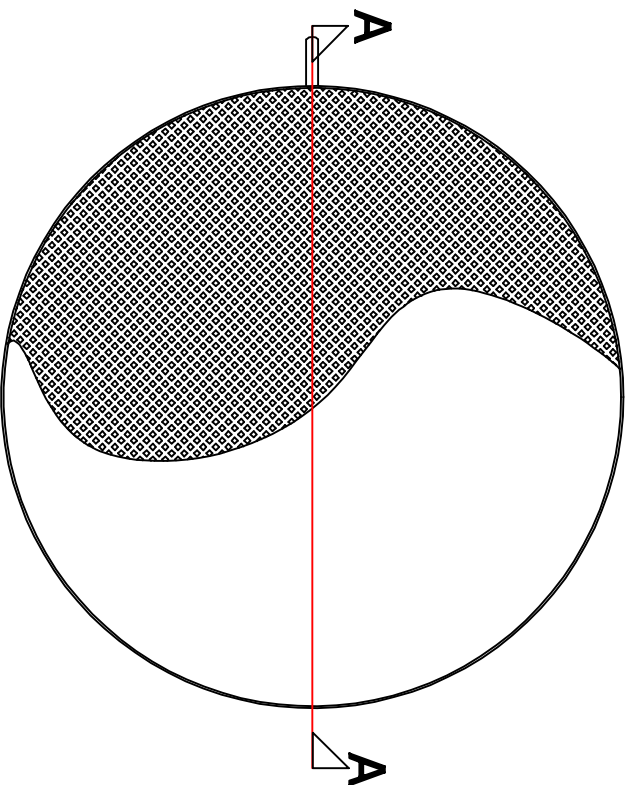
Legenda

-  Beton
-  Tanah
-  Muka Air

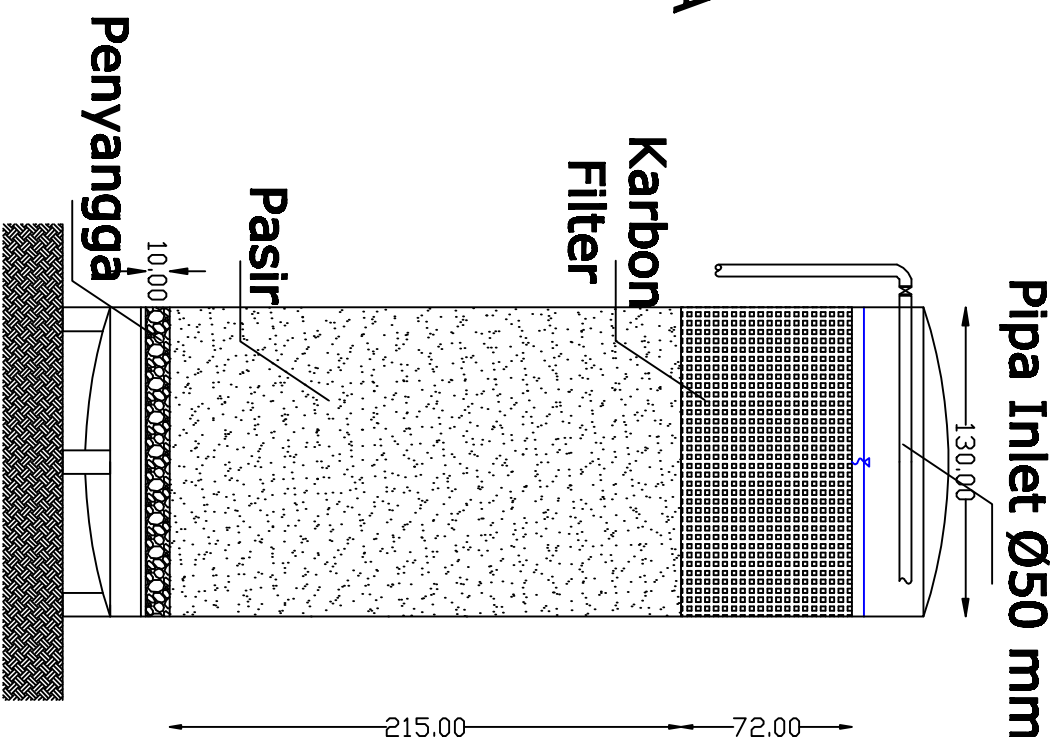
Judul Gambar
Potongan A-A
Bak Pengendap 2

No. Gambar 12

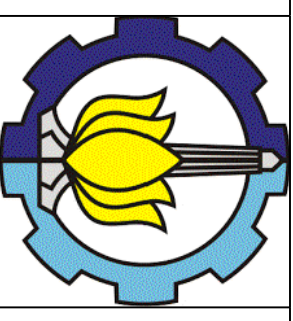
Skala 1:40



Denah Bak Filtrasi
Skala 1:30



Potongan A-A
Skala 1:30



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi Anaerobic
Filter dan Rotating Biological
Contactor Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya






Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

Nama Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

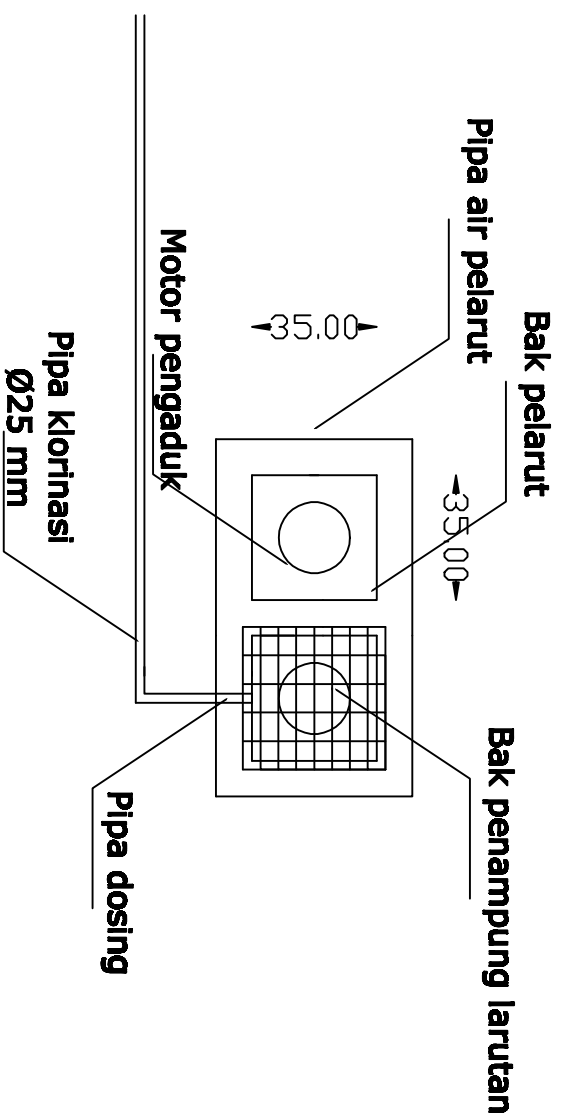
Legenda

-  Pasir
-  Kerikil
-  Tanah
-  Muka Air
-  Karbon Filter

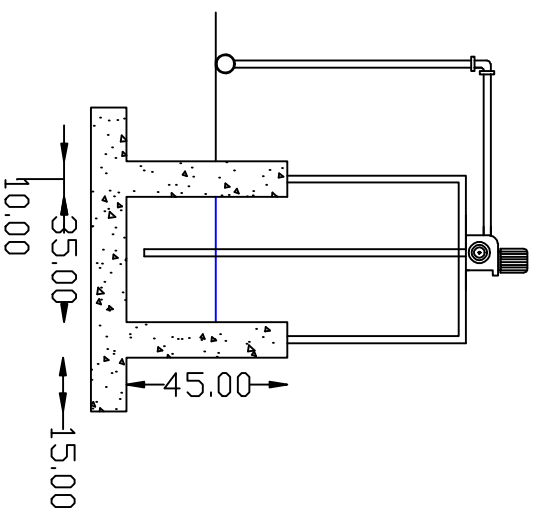
Judul Gambar
Denah Filtrasi dan
Potongan A-A

No. Gambar
13

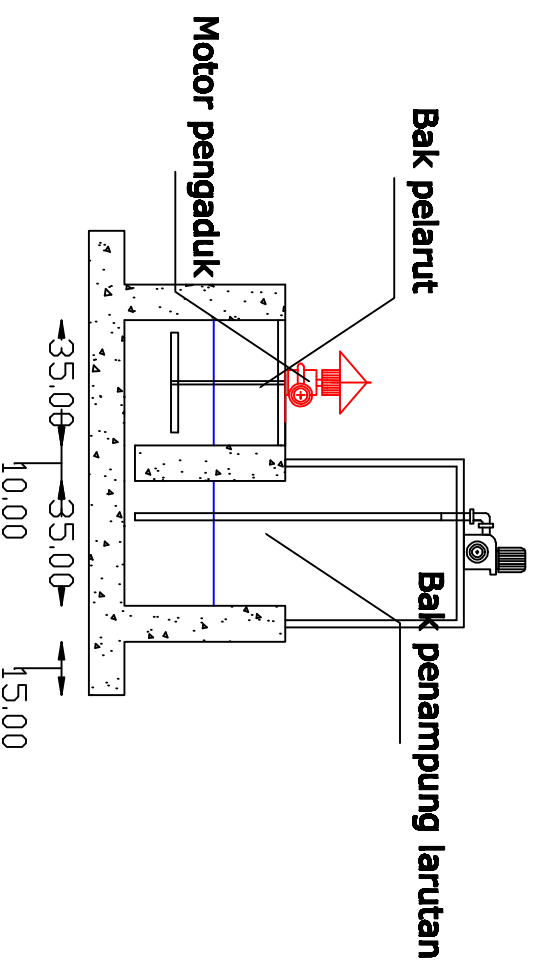
Skala
1:30



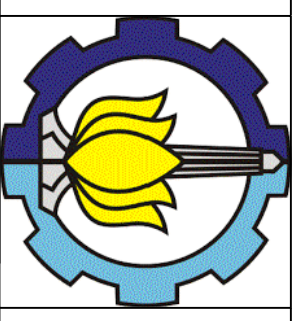
Denah Bak Desinfeksi
Skala 1:20



Potongan B-B
Skala 1:20



Potongan A-A
Skala 1:20



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi Anaerobic
Filter dan Rotating Biological
Contactor Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

Nama Pembimbing

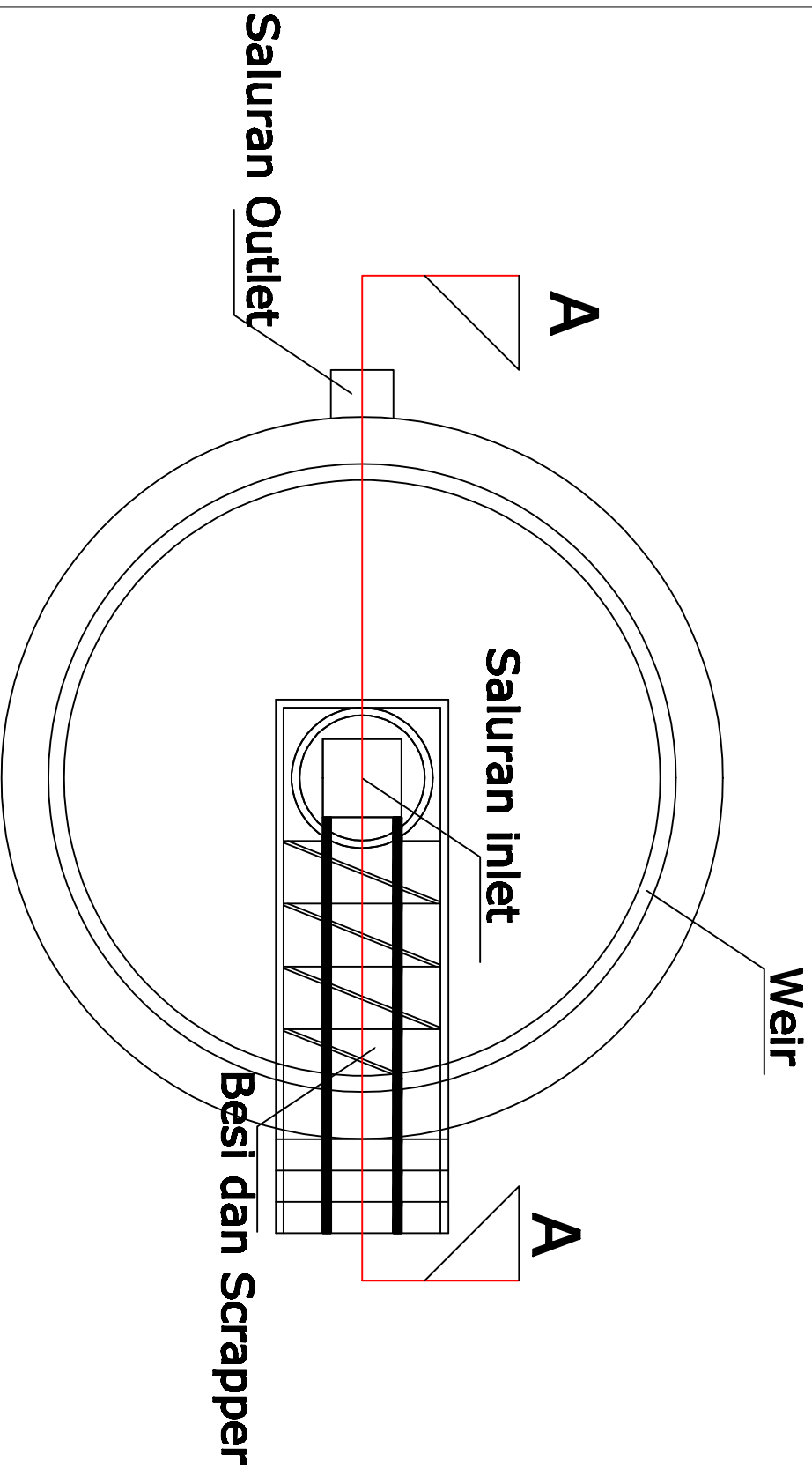
Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

Legenda

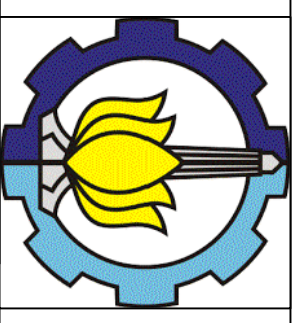
■ Beton

~ Muka Air

Judul Gambar
Denah Desinfeksi dan
Potongan A-A, B-B
No. Gambar 14
Skala 1:20



Denah Bak Pengendap 2
Skala 1:20



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi Anaerobic
Filter dan Rotating Biological
Contactor Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

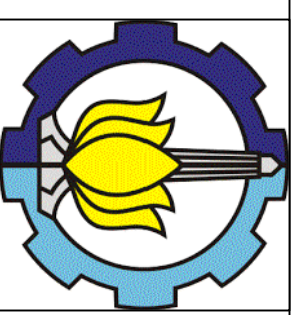
Nama Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

Legenda

Judul Gambar
Denah Bak Pengendap 2

No. Gambar 11	Skala 1:20
-------------------------	----------------------



Departemen Teknik
Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan
Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh
Nopember

Tugas Akhir

Perancangan IPAL Medis
dengan Teknologi *Anaerobic
Filter* dan *Rotating Biological
Contactor* Di Rumah Sakit
Kelas B Surabaya

Nama Mahasiswa

Raka Taufik Rochman
3313 100 049

Nama Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke
Karnaningroem, M.Sc.
19550128 198503 2 001

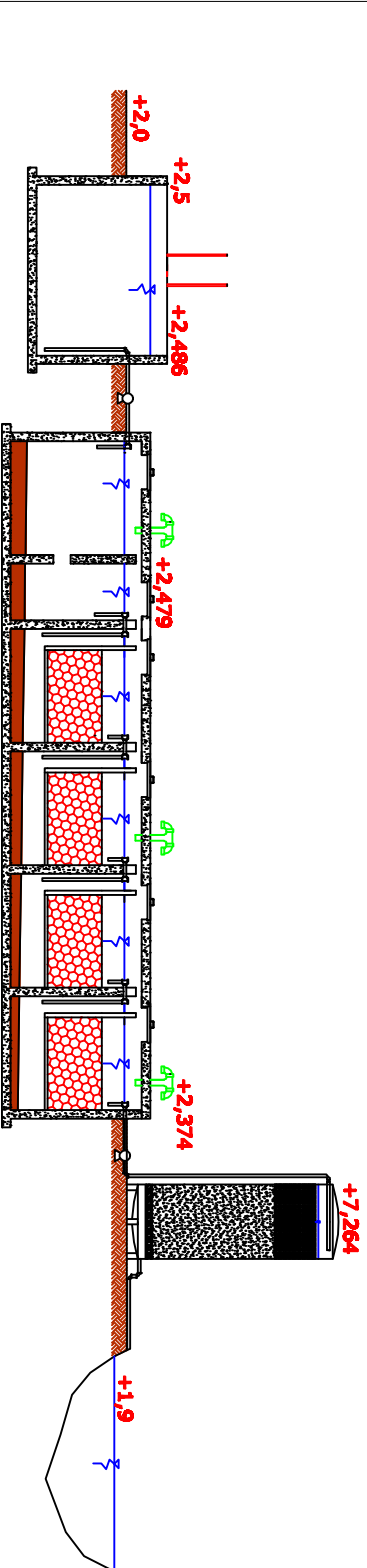
Legenda

Judul Gambar
Profil Hidroliks Alternatif 1 (AF)
dan Alternatif 2 (RBC)

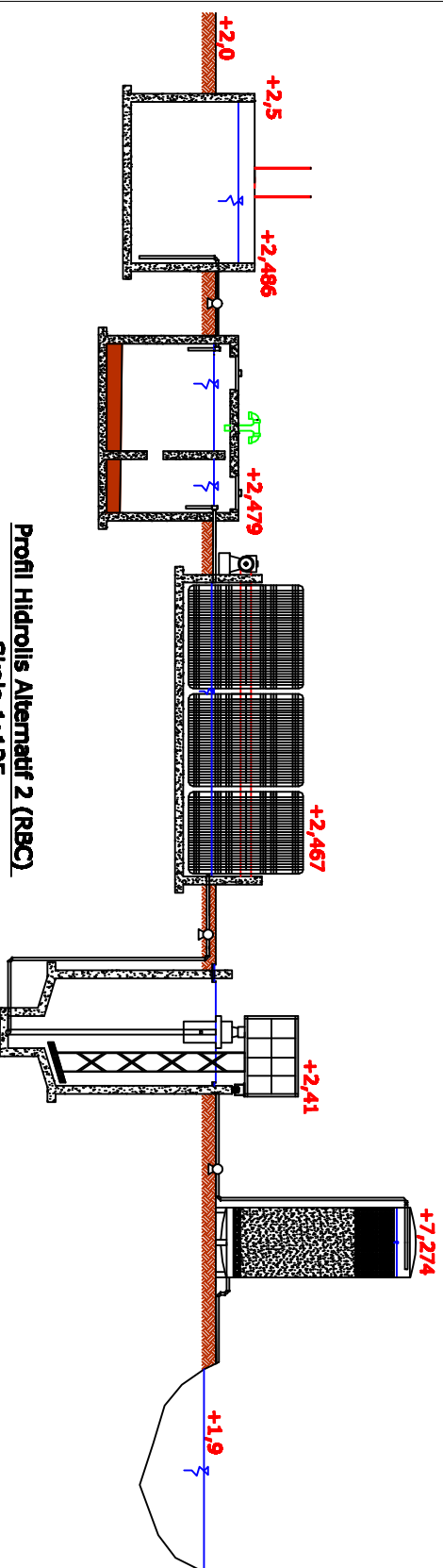
No. Gambar
15


Skala
1:125

Profil Hidroliks Alternatif 1 (AF)
Skala 1:125

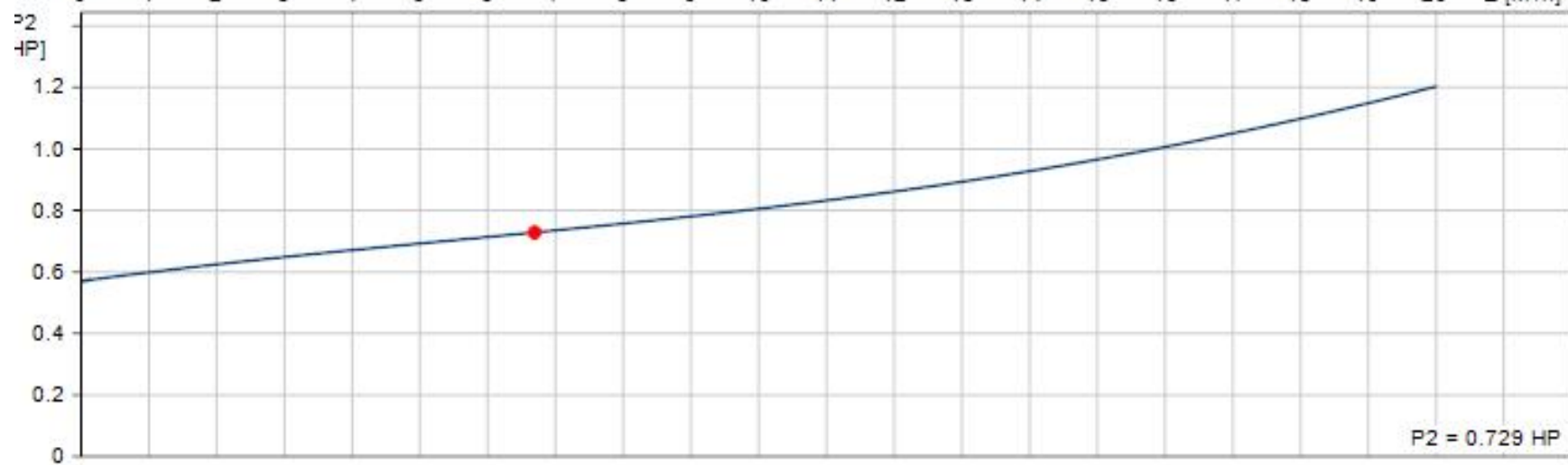
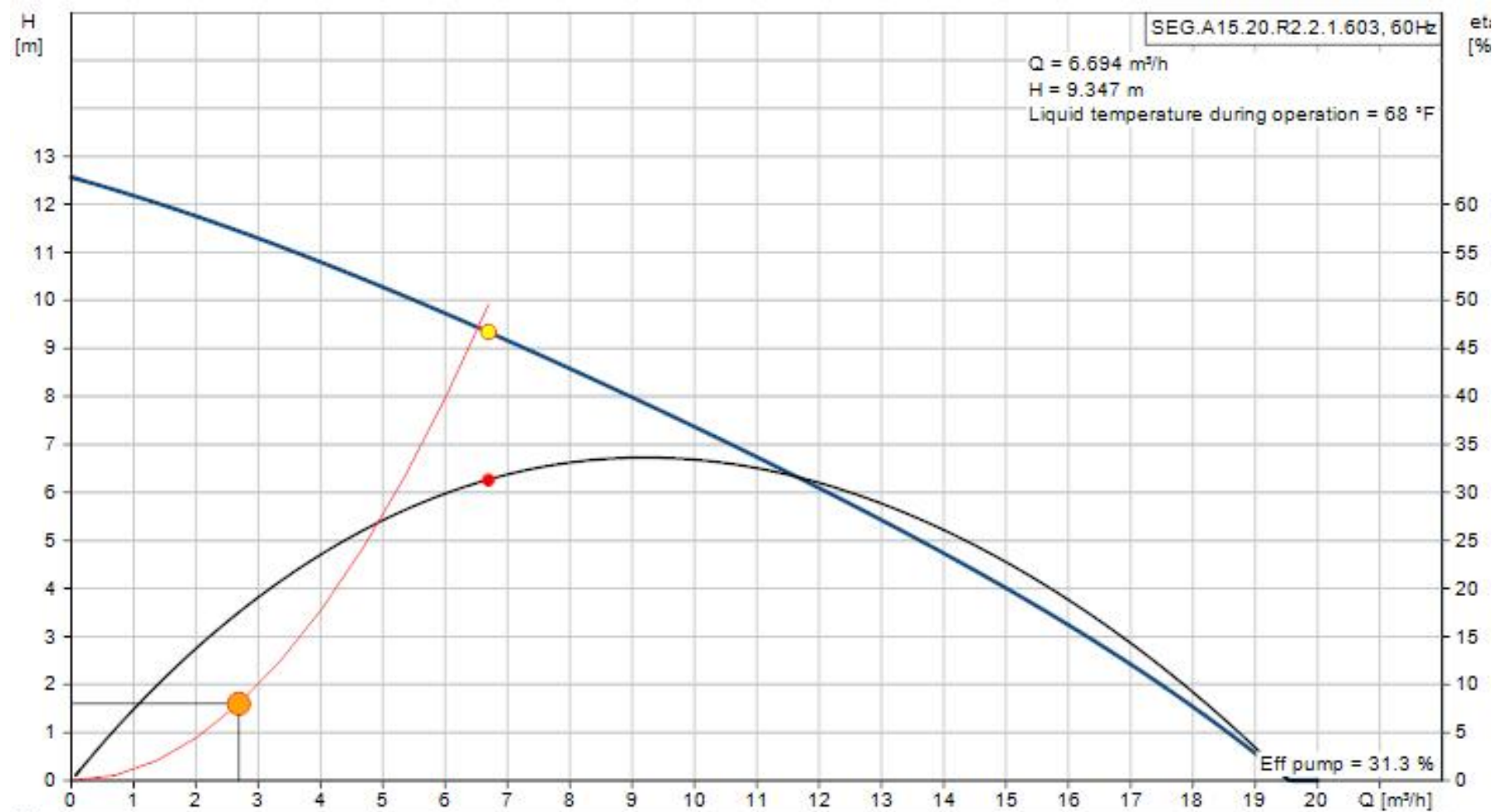


Profil Hidroliks Alternatif 2 (RBC)
Skala 1:125



Position	Count	Description																																
	1	<div><div></div><div>Product photo could vary from the actual product</div></div> <p>Product No.: 98682338</p> <p>Grundfos SEG pumps are submersible pumps with horizontal discharge port, specifically designed for pressurized pumping of wastewater with discharge from toilets.</p> <p>The SEG pumps are equipped with a grinder system, grinding destructible solids into small pieces so that they can be led away through pipes of a relatively small diameter.</p> <p>The surface of the pump is smooth to prevent dirt and impurities from sticking to the pump. The pump is primarily made of cast iron. The clamp securing the motor to the pump housing is made of stainless steel to prevent corrosion and allow for ease of service of the pump.</p> <p>The power cable of the pump also incorporates wires for the thermal sensors in the motor winding. The cable connection is a plug solution. The totally sealed plug connection prevents moisture from entering the pump through the cable in case of cable breakage or adverse and/or careless handling of the pump cable.</p> <p>The pump must be connected to a control box or a controller.</p> <p>The pump has been tested by CSA.</p> <p>Controls:</p> <table><tr><td>Moisture sensor:</td><td>with moisture sensors</td></tr><tr><td>AUTOADAPT:</td><td>NO</td></tr></table> <p>Liquid:</p> <table><tr><td>Pumped liquid:</td><td>Water</td></tr><tr><td>Liquid temperature range:</td><td>32 .. 104 °F</td></tr><tr><td>Liquid temperature during operation:</td><td>68 °F</td></tr><tr><td>Density:</td><td>62.4 lb/ft³</td></tr><tr><td>Kinematic viscosity:</td><td>1 cSt</td></tr></table> <p>Technical:</p> <table><tr><td>Actual calculated flow:</td><td>6.694 m³/h</td></tr><tr><td>Resulting head of the pump:</td><td>9.347 m</td></tr><tr><td>Type of impeller:</td><td>Grinder System</td></tr><tr><td>Primary shaft seal:</td><td>SIC/SIC</td></tr><tr><td>Secondary shaft seal:</td><td>LIPSEAL</td></tr><tr><td>Approvals on nameplate:</td><td>PA-I</td></tr><tr><td>Curve tolerance:</td><td>ANSI/HI11.6:2012 3B2</td></tr></table> <p>Materials:</p> <table><tr><td>Pump housing:</td><td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td></tr><tr><td>Impeller:</td><td>Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B</td></tr></table>	Moisture sensor:	with moisture sensors	AUTOADAPT:	NO	Pumped liquid:	Water	Liquid temperature range:	32 .. 104 °F	Liquid temperature during operation:	68 °F	Density:	62.4 lb/ft³	Kinematic viscosity:	1 cSt	Actual calculated flow:	6.694 m³/h	Resulting head of the pump:	9.347 m	Type of impeller:	Grinder System	Primary shaft seal:	SIC/SIC	Secondary shaft seal:	LIPSEAL	Approvals on nameplate:	PA-I	Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2	Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B	Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B
Moisture sensor:	with moisture sensors																																	
AUTOADAPT:	NO																																	
Pumped liquid:	Water																																	
Liquid temperature range:	32 .. 104 °F																																	
Liquid temperature during operation:	68 °F																																	
Density:	62.4 lb/ft³																																	
Kinematic viscosity:	1 cSt																																	
Actual calculated flow:	6.694 m³/h																																	
Resulting head of the pump:	9.347 m																																	
Type of impeller:	Grinder System																																	
Primary shaft seal:	SIC/SIC																																	
Secondary shaft seal:	LIPSEAL																																	
Approvals on nameplate:	PA-I																																	
Curve tolerance:	ANSI/HI11.6:2012 3B2																																	
Pump housing:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																																	
Impeller:	Cast iron EN1561 EN-GJL-200 ASTM A48 30B																																	

Position	Count	Description
		Installation: Maximum ambient temperature: 104 °F Maximum operating pressure: 87 psi Flange standard: ANSI Pipework connection: 1 1/2" /2" Size of discharge port: 1 1/2 inch Pressure stage: PN 10 Maximum installation depth: 32.81 ft Auto-coupling: 98245788 Electrical data: C run: 30 µF C start: 150 µF Power input - P1: 1.3 kW Rated power - P2: 1.207 HP Main frequency: 60 Hz Rated voltage: 1 x 208-230 V Voltage tolerance: +6/-10 % Max starts per. hour: 30 Rated current: 8-7 A Starting current: 48 A Rated current at no load: 7.2 A Cos phi - power factor: 0,87 Cos phi - p.f. at 3/4 load: 0,8 Cos phi - p.f. at 1/2 load: 0,77 Rated speed: 3490 rpm Moment of inertia: 0.047 lb ft² Motor efficiency at full load: 0.69 % Motor efficiency at 3/4 load: 0.68 % Motor efficiency at 1/2 load: 0.59 % Capacitor size - run: 30 µF Capacitor size - start: 150 µF Number of poles: 2 Start. method: direct-on-line Enclosure class (IEC 34-5): IP68 Insulation class (IEC 85): F Explosion proof: no Ex-description: WITHOUT (STANDARD) Length of cable: 33 ft Cable type: SEOOW 600V Type of cable plug: NO PLUG Others: Net weight: 106 lb



The **ROTORDISK™** has one of the lowest operating costs compared to other mechanical wastewater treatment systems. It does not require skilled operator, continuous monitoring, or expensive testing. The balanced shaft is slowly turned by a low horsepower motor. The power requirements are one-half to one-eighth of bubble type aeration systems.

EASE OF INSTALLATION

The **ROTORDISK™** is a complete package wastewater treatment system. The system is available either as a total steel unit or as an internal steel ROTORZONE assembly to be installed into a concrete primary and final settling tanks. The internal assembly is factory assembled, ready to be placed on a suitable foundation, connected to the power supply, and to the influent and effluent piping. All flow within the **ROTORDISK™** is by GRAVITY and no mechanical pumps or blowers are required.

SIMPLE, RELIABLE AND ROBUST DESIGN

The **ROTORDISK™** avoids complex mechanisms and processes. The shaft mounted disk assembly is the only moving part in the system which is rotated at a low speed (2 to 6 rpm, depending on the diameter). Routine maintenance is limited to greasing the shaft bearing and periodic drive chain adjustment and lubrication. All drive components are above water level, easily accessible, and designed for long term use.

The **ROTORDISK™** biomass is self compensating for fluctuation pollutant loads. The biomass film thickness varies in response to the organic content of the wastewater. The process is naturally resistant to surges in waste loading and quick to re-start after power outages.

SEPROTECH SYSTEM INCORPORATED

PT. GUNA ELEKTRO is the authorized representative for **ROTORDISK™** and **CHEMDISK™** wastewater treatment plants and all other equipment designed by CMS Group Inc. (a wholly owned subsidiary of Seprotech Systems Incorporated since September 1st, 2002) for the Territory of the Republic of Indonesia since 1994.

DESIGN FLEXIBILITY

PT. GUNA ELEKTRO is the authorized representative for **ROTORDISK™** and **CHEMDISK™** wastewater treatment plants and all other equipment designed by CMS Group Inc. (a wholly owned subsidiary of Seprotech Systems Incorporated since September 1st, 2002) for the Territory of the Republic of Indonesia since 1994.

The **ROTORDISK™** system is available in three series encompassing 21 different sizes. Single units range in capacities from 1,000 litres per day for a small household to over 1,000,000 liter per day per unit for a serviced population of 10 to 10,000.

TYPE	MEDIA AREA	POWER (kW)	DIAMETER (ft)	Capacity
	MAX. (sqft)			MAX. (m3/day)
S-12	720	0.18		10
S-20	1,500	0.25	4	22
S-30	2,300	0.37	4	33
S-40	2,800	0.55	4	40
M-50	2,975	0.55	4	43
M-60	4,275	0.55	6	62
M-75	5,130	0.75	6	74
M-100	8,855	0.75	7	129
M-125	13,090	1.10	7	191
M-150	14,245	1.10	7	207
M-175	18,095	1.50	7	264
M-200	23,500	2.20	8	343
L-333	28,500	3.00	8	416
L-400	34,000	4.00	8	496
L-500	40,500	4.00	8	591
L-833	54,000	4.00	8	788
SL-833	68,000	5.50	8	992

Existing septic tanks or extended aeration units can often be upgraded to functional **ROTORDISK™** system by the addition of internal ROTORZONE assemblies.

ROTORDISK™ can be installed above or below grade. Prefabricated enclosures can be provided where desired.

ROTORDISK™ system can be designed to meet the most restrictive effluent criteria, including tertiary system for nutrient removal and suspended solids.

ROTORDISK™ system has been used for servicing temporary facilities such as work camps. The complete package unit can be relocated for reuse at different work sites.

BULAN APRIL - JUNI 2017

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVArh (Rp/kVArh)	
1.	R-1/TR	1.300 VA	*)	1.467,28	1.467,28
2.	R-1/TR	2.200 VA	*)	1.467,28	1.467,28
3.	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	*)	1.467,28	1.467,28
4.	R-3/TR	6.600 VA ke atas	*)	1.467,28	1.467,28
5.	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
6.	B-3/TM	di atas 200 kVA	**))	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
7.	I-3/TM	di atas 200 kVA	**))	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-
8.	I-4/TT	30.000 kVA ke atas	***))	Blok WBP dan Blok LWBP = 996,74 kVArh = 996,74 ****)	-
9.	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA	*)	1.467,28	1.467,28
10.	P-2/TM	di atas 200 kVA	**))	Blok WBP = K x 1.035,78 Blok LWBP = 1.035,78 kVArh = 1.114,74 ****)	-

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Subang pada tanggal 21 Desember 1994, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis memulai pendidikan dasarnya di SD Negeri Wanasari 12 Kabupaten Bekasi tahun 2001 – 2007, kemudian melanjutkan pendidikan menengah tingkat pertama di SMP Negeri 2 Tambun Selatan Kabupaten Bekasi tahun 2007 – 2010. Pendidikan menengah tingkat atas ditempuh di SMA Negeri 1 Tambun Selatan Kabupaten Bekasi tahun 2010 – 2013 program IPA, kemudian melanjutkan pendidikan sarjana (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan tercatat sebagai mahasiswa dengan NRP 3313 100 049 pada tahun 2013.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan baik di tingkat jurusan, maupun institut. Penulis juga aktif berorganisasi dengan menjadi staff divisi konservasi alam Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL) HMTL periode kepengurusan 2014 – 2015. Pada tahun yang sama, penulis juga tercatat sebagai staff di Kementerian Sosial Masyarakat Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS. Penulis juga pernah mendapatkan pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) dalam bidang masyarakat oleh DIKTI tahun 2014. Pada tahun 2015 – 2016, penulis menjadi staff ahli divisi konservasi alam Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan (KPPL) HMTL. Selain itu penulis pada tahun 2015 – 2016 penulis juga diamanahi menjadi Dirjen Lingkungan Hidup Kementerian Sosial Masyarakat Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) ITS. Penulis juga telah melaksanakan kerja praktik selama satu setengah bulan di PT Pertamina Hulu *Energi Offshore Northwest Java* (PT PHE ONWJ), Jakarta. Penulis dapat dihubungi via email raka.taufik@gmail.com